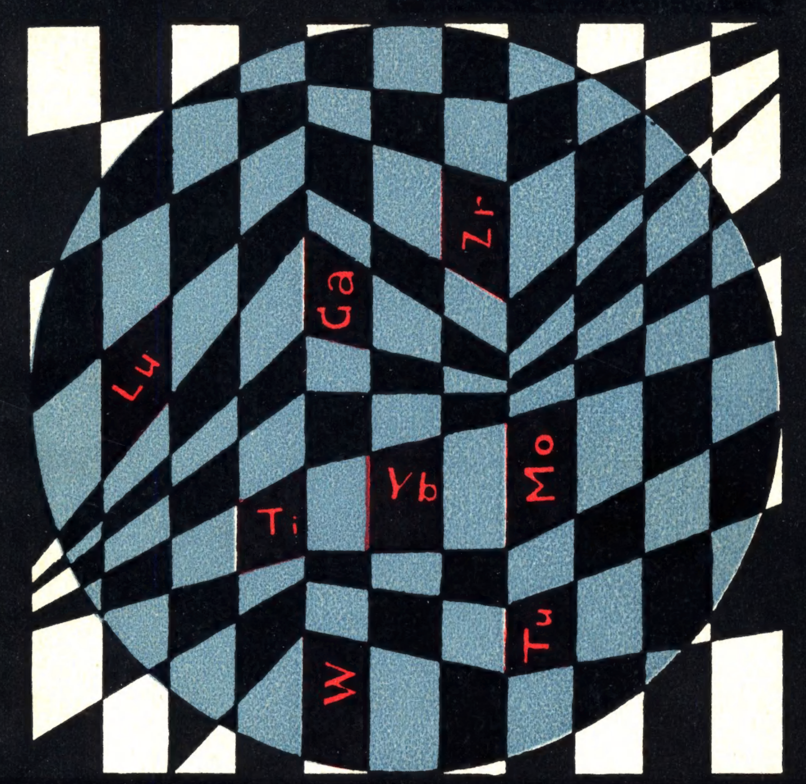
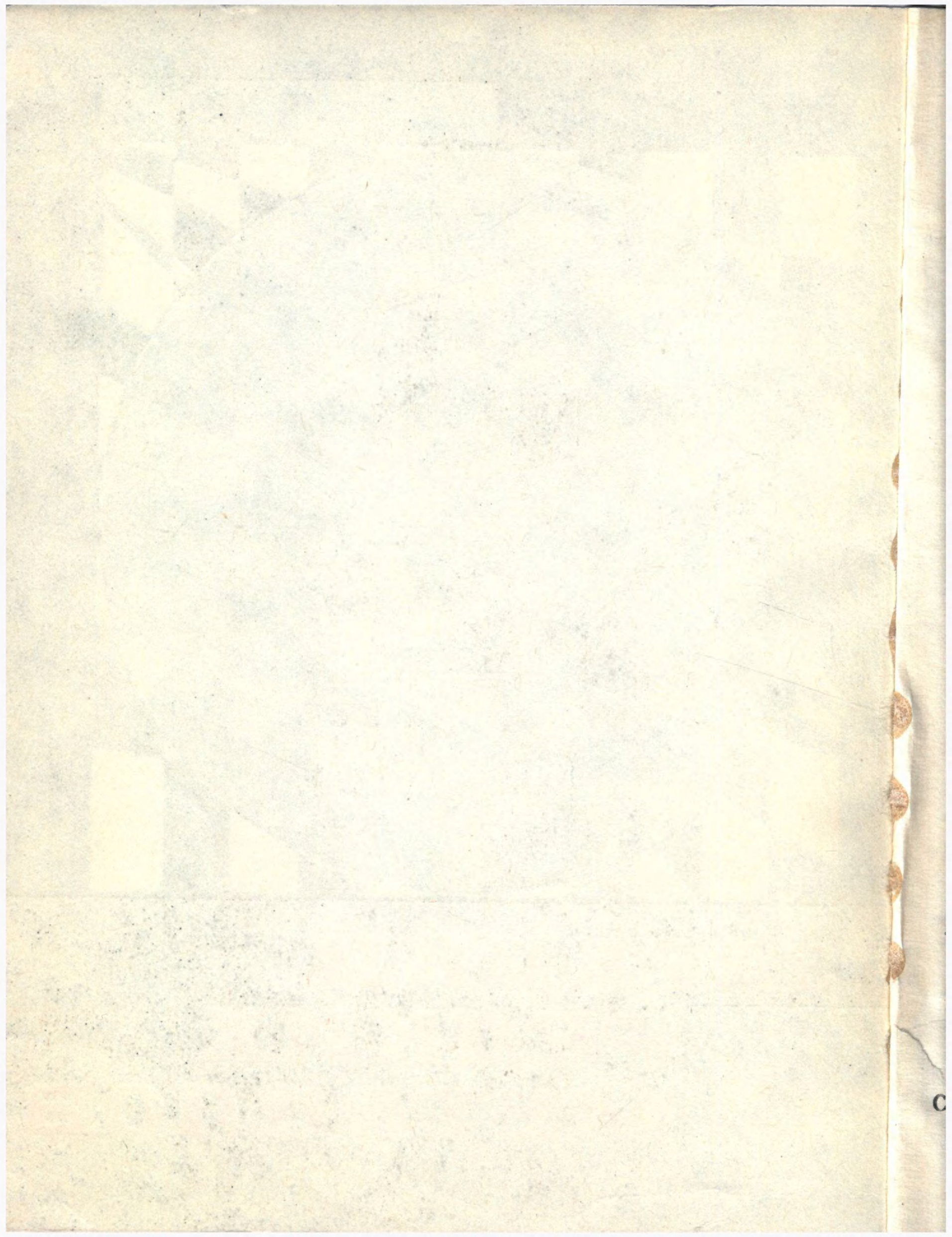
В. Г. БАМБУРОВ



ЗАГАДКИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ



В. Г. БАМБУРОВ



ЗАГАДКИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

Средне-Уральское Книжное Издательство. Свердловск, 1968 г.

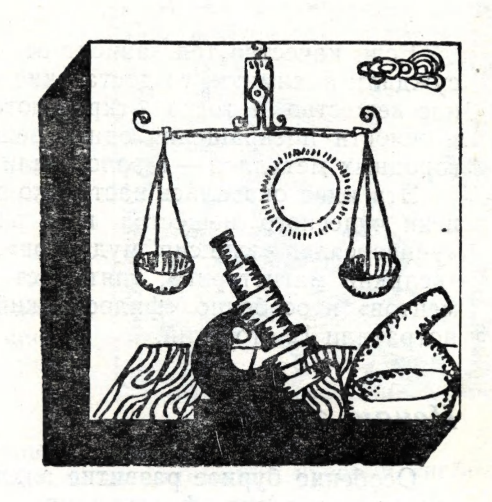
Не так давно, всего двадцать лет назад, были заполнены последние свободные клетки в таблице Менделеева. А сегодня мы вновь узнаем об открытии самого тяжелого элемента — лоуренсия. Точнее,— о «создании» лишь нескольких десятков атомов этого металла. И пусть свойства его почти не известны, он прочно занял свое 103-е место в стройном ряду «кирпичей» мироздания. Но мало открыть элемент, дать ему имя, надо заставить его служить человеку.

Техника использует десятки разных металлов. А сколько их все еще является достоянием лишь ученых-исследователей! Из 70 известных металлов более половины называют «редкими». Среди них литий и цезий, иттрий и скандий, тантал и ниобий, титан и цирконий. Они обладают свойствами, открывающими безграничные возможности для создания новых ценных сплавов и полезных веществ. Редкие элементы получили широкое признание в современной технике, помогли человеку создать «умные» вычислительные машины, построить сверхзвуковые самолеты, запустить космические ракеты и искусственные спутники Земли.

Об истории открытия редких элементов, об их удивительных свойствах, о сложном и кропотливом труде ученых и исследователей пойдет рассказ в этой книге.

Автор В. Г. Бамбуров, молодой ученый из Уральского филиала Академии наук, на протяжении ряда лет занимается исследованием свойств некоторых редкоземельных элементов. Это первая его книга, написанная популярно и занимательно. Она предназначена для тех, кто интересуется тайнами природы.

У ИСТОКОВ ХИМИИ





С глубокой древности человек стремился вторгнуться в глубь мироздания. Вопросы — из чего, из какого вещества состоит окружающий мир, сам он, Вселенная — настойчиво возникали в его мозгу.

Одни философы древности считали первоосновой всех вещей природы воду, другие — воздух, от уплотнения которого будто бы получаются облака, вода, земля, а свойства и качества веществ зависят от нематериальной силы — «квинтэссенции». Такие взгляды на строение материи послужили благоприятной почвой для развития целого направления в химии, получившего название — алхимия.

Если качество тел зависит от «квинтэссенции», рассуждали алхимики, то достаточно отыскать это загадочное вещество, и тогда открываются безграничные возможности превращения одних веществ в другие, неблагородных металлов — в золото или серебро.

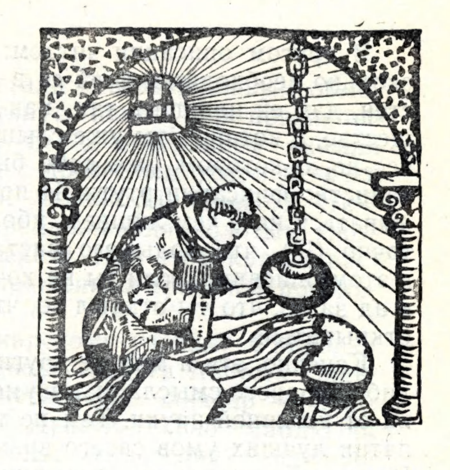
Эта идея оказалась настолько заманчивой, что на поиски чудесного вещества под разными названиями — «универсал», «эликсир мудрецов», «красная тинктура», «великий магистерий», «пятая стихия», «фермент ферментов» и особенно «философский камень» — алхимики потратили 12 столетий.

Ценою жизни

Особенно бурное развитие алхимия получила в средние века, в период феодализма, когда жажда богатства, стремление к накоплению ценностей вообще и золота в особенности порождали низменные страсти, неуемную жадность людей. В Европе в те времена почти при каждом императорском дворе в строжайшей тайне дни и ночи алхимики искали разгадку превращения простых металлов в золото.

...Темное подземелье, слабо освещенное небольшим окном с железной решеткой. Печь с жаровнями и кузнечным мехом. Закопченные стены, испещренные загадочными иероглифами, арабскими письменами. И обязательно магические пентаграммы, астрономические вычисления, картины звездного неба и небесных светил. На столах и на полу — чашки для растирания солей, груды песка, человеческих костей, сосуды с «живой» водой. В колбах и ретортах — сверкающие капли ртути, желтые, бурые, красные и зеленые растворы. С потолка спускаются подвязанные пучки сухой травы, на стенах — чу-

чела птиц, змеиные шкуры и, как символ мысли,— человеческий череп.



В этой таинственной мрачной обстановке алхимической лаборатории — согбенная фигура седовласого человека, занятого поисками чудодейственной магической силы, способной превратить свинец в серебро, а медь — в золото.

Какие только вещества и смеси не испытывали алхимики: кусочки «небесных» камней — метеоритов и экскременты вшей, ногти с пальцев умерших красавиц и растертые эмбрионы.

Алхимики оставили немало трактатов с описанием способов получения благородных металлов с помощью «философского камня». Они считали, что все вещества построены из одних и тех же составных частей серы и ртути в разных пропорциях. Ртуть обуславливает в веществе ковкость, тягучесть, тяжесть, а сера — цвет и изменчивость металла при нагревании.

Вот рецепт изготовления золота, записанный в одной из древних китайских книг. «Листы олова покрыть на одну десятую дюйма замазкой красной соли и известковой воды. На 10 фунтов олова брать 4 фунта красной соли. Поместить в горшок красной глины и замуровать. Нагревать 30 дней с конским навозом. Олово при этом переходит в пепел, в котором находятся кусочки золота величиной в боб».

В другом описании читаем: «Возьми ртути столько, сколько необходимо, влей ее в сосуд, который тебе известен, дай ей покипеть так, как тебе известно, добавь вещество, о котором ты уже слышал, притом в таком количестве, о котором уже тебе было сказано. Это и будет таинство фиксации ртути. И при этом здесь нельзя догадываться ни о чем лишнем, ибо все это так ясно (!?), так точно (!?), что большего наставления невозможно дать в этом описании, если ты не хочешь добровольно попасть в ад за то, что ты открыл то, что творец строго запретил открывать».

Конечно, эти и многие другие рецепты лишены какого-либо здравого смысла, и, разумеется, алхимия была далека от истинной науки. Тем не менее, она завоевала симпатии лучших умов своего времени. Крупнейший ученый Роджер Бэкон верил в возможность превращения свинца в благородные металлы, а президент королевского научного общества Роберт Бойль всячески поддерживал алхимиков в Англии. Все свое свободное время посвящал алхимическим экспериментам знаменитый английский ученый Исаак Ньютон, который для этих целей построил собственную лабораторию.

Одно поколение алхимиков сменялось другим. И, как тяжелое проклятие, висела над ними несуществующая тайна получения искусственного золота. Настоящие энтузиасты своего дела, алхимики самозабвенно отдавали здоровье и жизнь для осуществления этой бредовой идеи. Заманчивая «легкость» обогащения привлекала к алхимии шарлатанов, которые за деньги обещали открыть «тайну священного искусства» изготовления «философского камня». Короли, князья и герцоги были не прочь разбогатеть за счет алхимического «золота» и в тайне строили лаборатории-темницы, давали деньги алхимикам, требуя взамен золота, золота...

Несчастные узники прибегали к всевозможным обманам, ухищрениям, чтобы оттянуть неминуемое признание своего бессилия. Некоторые перед опусканием «камня мудрецов» в тигель вносили с древесным углем кусочек золота. Алхимик Турнейссер, демонстрируя свою «тинктуру», пользовался для перемешивания золотым гвоздем, выкрашенным в цвет железа. При этом краска растворялась, и на глазах у пораженных зрителей появлялось золото.

Однажды бывшему аптекарскому ученику Фридриху Бергеру, работавшему при дворе герцога Августа Сильного, удалось получить таинственный эликсир — жидкость, «рождающую» золото. Действительно, наблюдая за выпариванием этого вещества, властелин увидел на дне сосуда крохотный кусочек желтого металла.

Конечно, никакого чудесного превращения здесь не произошло. Просто алхимик растворил в царской водке (смесь соляной и азотной кислоты) золотую монетку и выдал полученную жидкость за таинственный экстракт. Он сознательно шел на обман, чтобы немного улучшить свою жизнь. Но за Бергером стали следить еще строже, боясь выпустить тайну. Беднягу заставляли работать днем и ночью. Конечно, золота больше не было: ведь монета была единственная.

Кто знает, что ожидало алхимика? В конце концов обман должен был раскрыться. Спасла его случайность. Во время безуспешных поисков таинственного эликсира Бергеру удалось разгадать секрет изготовления китайского фарфора. Предприимчивый Август скоро понял, что фарфоровые бокалы, ценившиеся в то время на вес золота, сделают его самым богатым человеком в Европе.

Судьба других шарлатанов-алхимиков более трагична. Мало кто из них кончал жизнь своей смертью. Обманутые короли, герцоги и князья жестоко мстили.

В 1575 году герцог Брунсвикский, разуверившийся в обещаниях женщины-алхимика Марии Зиглерин получить золото из свинца, приказал сжечь ее. А князь Вюртембургский построил виселицу, выкрашенную в золотой цвет для алхимиков, не выполнивших обещаний.

Блуждая в потемках познания, погибая в поисках несуществующего «философского камня» или «эликсира жизни», алхимики, конечно, не могли по-настоящему двигать науку: их открытия были случайными в бесчисленном множестве опытов. И все же «без алхимии не было бы химии», говорил Ф. Энгельс.

В течение веков алхимики получили немало новых веществ и сделали ряд важнейших открытий. Алхимик Генрих Бранд из Гамбурга в поисках драгоценного камня взял свежую мочу годовалого бычка, выпарил ее досуха, а остаток прокалил, постепенно повышая температуру. На верху трубки перегонного аппарата он обнаружил белое воскообразное вещество, которое светилось в темноте.

Генрих Бранд долго скрывал свое открытие, полагая, что нашел «философский камень». Вещество светилось холодным спокойным светом, поэтому его назвали «холодным огнем», или «фосфором». Так впервые был открыт хорошо известный ныне элемент, без которого, как теперь считают, невозможна жизнь на Земле.

Алхимики впервые выделили сурьму, мышьяк, висмут. Они же получили азотную, соляную и серную кислоты, а также царскую водку, легко растворяющую даже золото. Известные ныне и распространенные химические соединения — квасцы, бура, винный камень, эфир, штукатурный гипс, красный сурик и многие другие — своим открытием тоже обязаны алхимикам.

Вот хорошо известное химикам вещество каломель — хлористая ртуть. Это порошок белого цвета

В словаре читаем: «каломель» — по-гречески «красивая чернь». Оказывается, этому странному названию мы опять-таки обязаны алхимикам, которые, действуя на каломель раствором аммиака, получали осадок черного цвета, состоящий из мельчайших капелек восстановленной ртути.

Винченцо Каскариоло, сапожник из Болоньи, увлекавшийся на досуге алхимией, однажды обнаружил, что сульфид бария светится в темноте, если его перед этим на некоторое время выставить на солнце. Так было открыто явление люминесценции.

Многие аппараты и инструменты, без которых не может обойтись современная химическая лаборатория — перегонный куб, реторты, водяные бани и даже лабораторные весы — впервые изобрели и применили алхимики.

От алхимии — к современной науке

В результате многовековых бесплодных поисков алхимиков стало понятным, что для познания природы, сущности строения ее вещей, изучения природных явлений и их закономерностей нужен опыт. И этот опыт показал, что Вселенная состоит не из четырех основных элементов — земли, воды, огня и воздуха, как полагали древние философы. Их значительно больше. И многие — железо, медь, ртуть, олово, свинец — простые. Они не разлагаются и не превращаются в другие вещества природы, а остаются неизменными, пока на них не воздействуют извне.

В 1668 году выдающийся английский физик и химик Роберт Бойль на основании анализа различных веществ пришел к выводу, что элементами являются «те простей-

шие тела, из которых составлены сложные тела и к которым мы в конце концов приходим, разлагая последние».

Потребовалось еще много времени, потребовался гений М. В. Ломоносова, доказавшего в начале XVIII столетия опытами по прокаливанию металлов без доступа воздуха отсутствие «сверхтонких материй» тепла, холода, огня и других, прежде чем вопрос об элементах стал на прочную основу.

К началу XIX века стало известно 23 элемента, а к середине их количество перевалило за пятьдесят. Не проходило года, чтобы кто-нибудь из химиков не открывал новый элемент. Сколько же всего элементов — этих «кирпичей» Вселенной? Конечно или бесконечно их число? Этого никто не знал. Многим казалось, что число различных элементов может быть столь же велико, как и число тел природы.

Ученые терялись в догадках и не могли объяснить, почему одни элементы взаимодействовали между собой, порождая сотни новых веществ, окрашенных во все цвета радуги, и бесцветных, твердых и жидких, другие оставались совершенно «равнодушными» друг к другу даже при сильном нагревании. И чем больше накапливалось новых фактов, чем подробнее узнавали ученые каждый химический элемент, тем очевиднее становилось, что в химии царит беспорядок, хаос. Нужен был общий закон, чтобы разобраться в этом хаосе, получить возможность ориентироваться в многочисленной семье элементов.

К этой мысли пришел молодой, но уже известный профессор Петербургского университета Дмитрий Иванович Менделеев. Осенью 1967 года он получил кафедру общей химии в университете и был занят составлением курса лекций для студентов. Как доходчивее объяснить все разнообразие химических свойств известных к тому времени 63 элементов? Как связать между собой расска-

зы о калии и литии, марганце и железе, олове и цинке? Должен же быть «внутренний порядок» среди элементов.

Ученые давно заметили, что некоторые простые вещества удивительно похожи друг на друга,— настоящие близнецы. Если взять кусочек металлического калия и бросить в чашку с водой, он вспыхнет ярким пламенем и с шипением будет носиться по поверхности, пока не исчезнет в белом дыму. Натрий и литий в воде устраивают фейерверк не меньший. Все они жадно соединяются с кислородом, разлагая при этом воду на составные элементы, один из которых — водород — так эффектно горит в чашке с водой!

Олово и свинец тоже во многом напоминают друг друга. Оба металла легкоплавки. Они настолько мягки, что свободно режутся ножом. Окисляются на открытом воздухе только на поверхности, покрываясь тоненькой пленкой. Их можно было бы спутать, не будь большой разницы в весе одинаковых по объему кусочков этих металлов. Свинец в полтора раза тяжелее олова.

А разве не поразительно сходство фтора с хлором или брома с йодом? Все эти элементы соединяются с различными металлами, «рождая» соли. Поэтому их назвали галогенами, что по-гречески означает «солероды».

В природе есть порядок

Итак, взяв за основу близость химических свойств, можно разделить все элементы на группы. И не случайно, видимо, существует какой-то признак, общее свойство, которому подчиняются все элементы. Но какое? Цвет, вкус, а может, удельный вес или электропроводность?

Молодой ученый заполнил карточку на каждый элемент, записал в ней название, атомный вес и главные свойства. Затем стал группировать карточки по свойствам элементов.

Профессор обнаружил замечательную закономерность: если все элементы расположить в порядке возрастания их атомных весов, то через определенные промежутки (периоды) свойства элементов повторятся. В первом ряду он отложил семь элементов, под ним — еще столько же. А в третьем и четвертом рядах пришлось укладывать семнадцать карточек, чтобы похожие элементы находились один под другим. Пока все складывалось благополучно — элементы выстраивались в ряды, как в музыке октавы.

И тут-то ученому пришлось столкнуться с первыми затруднениями. Среди известных Менделееву элементов не было таких, которые могли бы занять в рядах 21-е, 31-е и 32-е места. Однако, глубоко веря в справедливость открытого им периодического закона, ученый высказал мысль, что пустующие места будут заняты элементами, которые, безусловно, существуют в природе, но еще не найдены химиками. Более того, Менделеев предсказывал их атомный и удельный веса и основные химические свойства. Он даже описал их внешний вид и химические соединения, которые они образуют, вступая в реакции с другими элементами. Эка-бор, эка-алюминий и эка-силиций, так условно назвал Менделеев недостающие элементы.

Большинство ученых того времени считало предсказание Менделеева по меньшей мере абсурдом, неслыханной дерзостью. Убедить скептиков могли только факты, но их пока не было. Шло время, а пустовавшие клетки таблицы все еще оставались не заполненными. Неужели идея ошибочна?

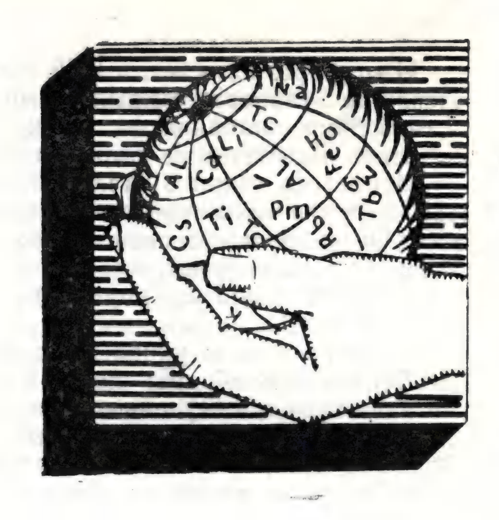
И вот через пять лет, в 1875 году, французский химик Лекок де Буабодран открыл новый элемент. Выделив его в свободном состоянии, он изучил лишь главнейшие физические и химические свойства нового элемента.

Менделеев узнал в галлии предсказанный им еще в 1870 году эка-алюминий, о чем немедленно написал в Париж. Основываясь на периодическом законе, он указал в своем письме, что плотность галлия не может быть равна 4,7, как определил французский ученый, а должна быть около 5,9—6,0.

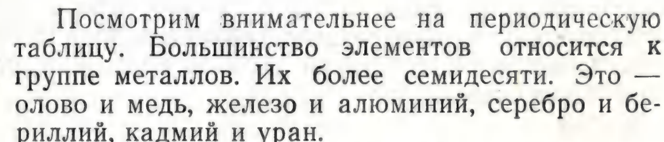
Велико же было удивление парижских химиков, когда Лекок де Буабодран после очистки полученного им металла нашел, что удельный вес его действительно равен 5,96. «Не нужно, я думаю, указывать на исключительное значение, которое имеет плотность нового элемента в отношении подтверждения, теоретических взглядов Менделеева»,— писал впоследствии Лекок де Буабодран.

Избрав таким образом важнейшей характеристикой элементов их атомный вес, великий русский химик открыл общий закон, который отображает взаимную связь между атомным весом и химическими свойствами элементов. Так была создана таблица периодической системы элементов, в которой указано место каждого элемента в их общем строю.

ИХ НАЗЫВАЮТ РЕДКИМИ







Посмотрим внимательнее на периодическую таблицу. Большинство элементов относится к группе металлов. Их более семидесяти. Это — олово и медь, железо и алюминий, серебро и бериллий, кадмий и уран.

Наиболее характерные признаки металлов — непрозрачность, специфический блеск, высокая электропроводность и теплопроводность, ковкость, способность прокатываться. Все металлы (за исключением ртути) при нормальных условиях — твердые вещества.

Благодаря своим полезным свойствам металлы сыграли исключительно важную роль в развитии культуры и цивилизации человеческого об-

щества. Более двух тысяч лет назад древний римский поэт-философ Лукреций в своей поэме «О природе вещей» так описывал знакомство человека с металлами:

> ...Расплавив, металлы возможно
> В форму любую отлить и любую придать им фигуру;
> И до любой остроты и до тонкости также возможно
> Лезвий края довести, постепенно сжимая их ковкой,
> Чтобы оружья иметь и орудья для рубки деревьев,
> Чтобы обтесывать лес и выстругивать гладкие брусья,
> Чтобы буравить, долбить и просверливать в дереве дыры.

Раннее детство человечества — каменный век — сменился веком бронзовым. С тех пор металл сопутствовал человеку, защищал его, помогал добывать пищу. Но металлы требовали к себе большого внимания и порой коварно платили своему хозяину за неосведомленность.

Металл проявляет коварство

Много лет назад в Сибирь отправилась хорошо оснащенная экспедиция для исследования этой еще не обжитой земли. Суровый таежный край встретил отряд неприветливо. Каково же было изумление участников экспедиции, когда во время одного из зимних привалов они обнаружили в походных мешках вместо оловянных ложек и чашек горстки серого порошка. Выручили сопровождавшие экспедицию местные жители: они вырезали ложки и миски из дерева.

Оказывается при температуре ниже 13 градусов олово «заболевает». На нем появляются серые пятна, которые быстро распространяются на неповрежденные места. Это превращение называют оловянной «чумой».

Незнание этих особенностей олова явилось причиной



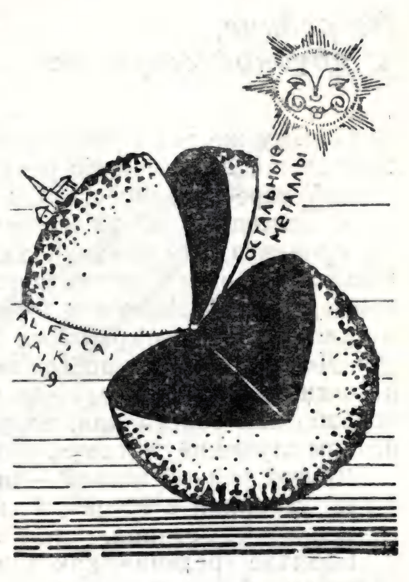
гибели целой экспедиции известного полярного исследователя Скотта в 1912 году. В пути к Южному полюсу люди остались без топлива, так как сосуды и жестянки, в которых оно находилось, были запаяны оловом. На морозе резервуары разрушились, и горючее вытекло.

Подобные «сюрпризы» таили в себе и другие металлы. Нужен был опыт многих поколений исследователей, чтобы приоткрыть дверь в кладовую природы с богатейшей коллекцией металлов, каждый из которых обладал весьма полезными, а порой и загадочными свойствами.

Но как распределены металлы в земле? В каком количестве? Решение этих вопросов всегда предшествовало задачам, связанным с получением и использованием металлов.

Еще алхимики заметили, что некоторые металлы «любят» друг друга и встречаются вместе. Так, сверкающие кристаллы свинцового блеска в жилах земли сопровождаются блестящей цинковой обманкой, серебро следует за золотом, а медь часто встречается вместе с мышья-

ком. При этом одни металлы очень распространены в земной коре, по ним мы ходим в буквальном смысле, другие содержатся в ничтожном количестве, и обнаружить их очень трудно. Если на долю алюминия, железа, кальция, натрия, калия и магния приходится примерно 22 процента, то доля всех остальных металлов, вместе взятых, не превышает двух процентов от веса земной коры.



Чем распространеннее в природе металл, тем он, естественно, доступнее. Люди с давних пор научились выплавлять железо, медь, олово из руд лишь потому, что чаще с ними встречались. Но шли годы, и вместе с открытием новых элементов техника получала новые металлы, которые удовлетворяли ее новые, самые различные требования. Особенно это относится к большой группе металлов, называемых редкими. Среди них — литий и цезий, ниобий и тантал, стронций и бериллий, скандий и иттрий. Многие, как теперь оказалось, не только важны в новейшей технике, но необходимы для жизни животных и растений. И, хотя ванадий, молибден, титан, рубидий, присутствуют в живых клетках в ничтожно малых количествах, тем не менее, без них не могут обойтись ни растения, ни животные, ни человек.

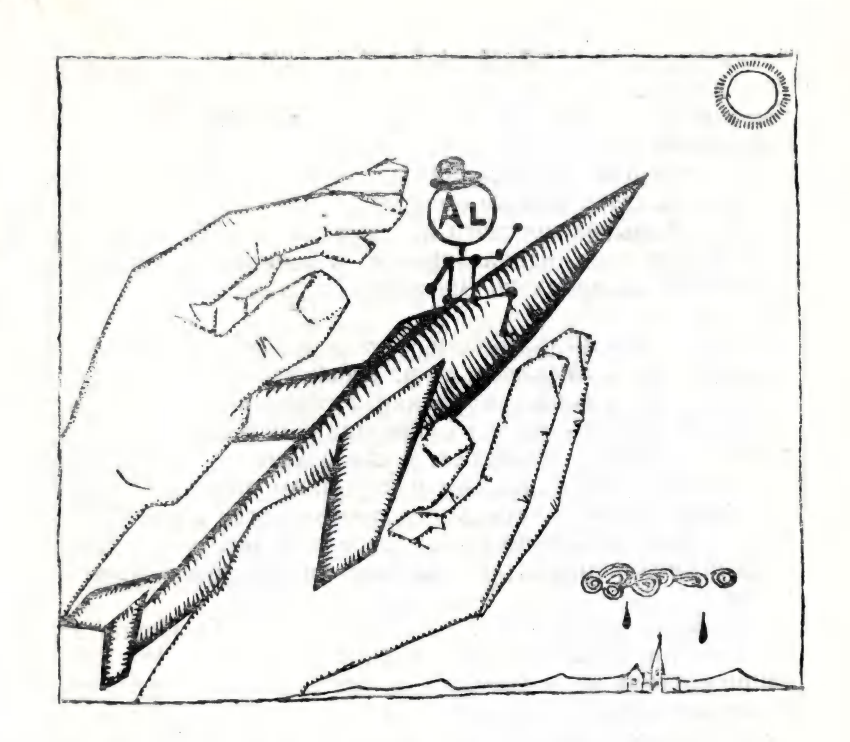
Не редкие, а труднодоступные

Почему же эти элементы называются редкими? Действительно, большинство редких металлов содержится в земной коре в количествах, не превышающих тысячную долю процента, в то время как железо составляет 4,2 процента, а алюминий даже 7,45 процента. Но не только этим определяется понятие «редкие». Возьмем для примера литий. Мало кто держал в руках или видел этот металл, хотя он открыт был в начале прошлого столетия. До 1940 года он добывался в ничтожном количестве и почти не применялся. Но в земной коре лития намного больше, чем золота или, например, свинца, который во всяком случае не считается редким.

Другой редкий металл — бериллий — в земной коре в 8 раз, стронций в 70 раз, а титан в 375 раз распространеннее того же свинца.

Понятие «редкий», как видим, совсем не совпадает с количеством того или иного элемента в земной коре. Более того, это понятие временное, свойственное современному уровню производства и потребления металлов.

Не так давно, каких-нибудь сто лет назад, алюминий, самый распространенный металл в природе (один кубический метр земной коры в среднем содержит около 230 кг алюминия), тоже считали редким. Получение этого легкого белого металла было очень трудной задачей, и потому килограмм алюминия стоил 1230 рублей, т. е. на 80 рублей дороже золота равного веса. Конечно, такой металл в то время мог применяться лишь для ювелирных изделий. Не удивительно, что в 1889 году во время пребывания в Лондоне великого русского химика Д. И. Менделеева ему в знак уважения и признания за-



слуг в химии были преподнесены в качестве особо ценного подарка весы, сделанные из золота и алюминия.

Хотя с течением времени способы получения алюминия совершенствовались, он продолжал оставаться драгоценным. Лишь с открытием электролитического способа получения алюминий начал стремительно проникать в автомобильную, машиностроительную и другие области промышленности, во многих случаях заменяя сталь и железо. Легкие и прочные алюминиевые сплавы оказались

незаменимыми в авиационной промышленности. Недаром алюминий называют «крылатым металлом». И кто бы мог подумать, что «серебро из глины», так был назван алюминий на выставке 1855 года, спустя 100 лет будет служить для создания самолетов, летающих со скоростью звука и даже быстрее.

Так открытие простого и дешевого способа производства и широкое использование в технике превратили алюминий из «редкого металла» в обычный материал XX века.

То же можно сказать и о титане. Он еще входит в разряд редких металлов, но по своей распространенности в современном машиностроении и самолетостроении давно перестал быть таковым. Тугоплавкий и легкий, вместе с тем стойкий на воздухе и даже в морской воде, титан становится весьма ценным материалом новейшей техники. Лишь огромные трудности производства его в чистом виде несколько сдерживают победное шествие титана, открывшего перед человечеством грандиозные возможности.

Время всегда вносит свои изменения. Особенно это заметно на судьбе многих редких металлов. При уточнении состава коры планеты, в чем великая заслуга принадлежит основоположникам науки геохимии нашим замечательным ученым — академикам В. И. Вернадскому и А. Е. Ферсману, мнимая «бедность» элементов оборачивалась неисчерпаемыми богатствами.

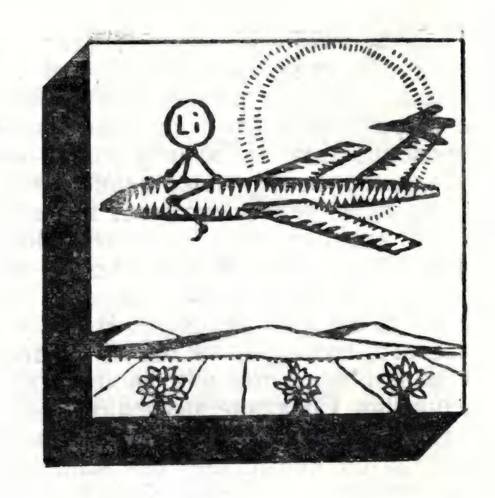
Вот почему, говоря о редких металлах, нужно всегда помнить, что эта исторически сложившаяся категория элементов совсем не отражает количественную сторону распространенности их в природе. Скорее всего она служит определенным критерием технического прогресса, когда редкие элементы из труднодоступных превращаются в распространенные и широко используемые.

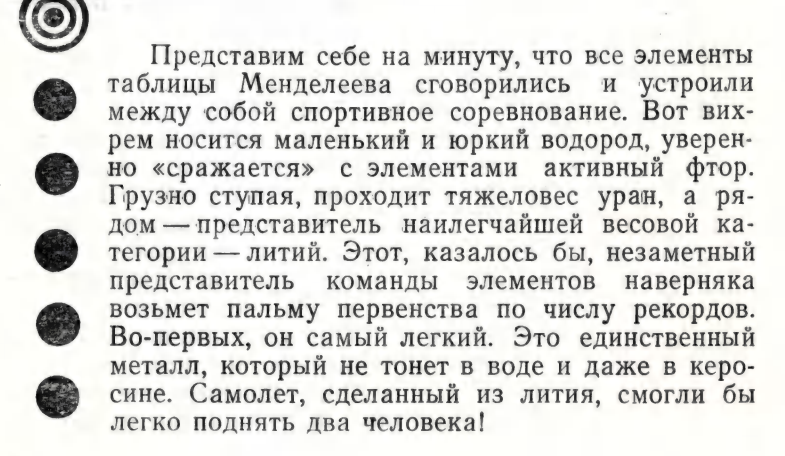
А сколько еще загадок таит каждый из редких металлов? Исследование их в чистом виде уже сейчас позволяет технике решать сложнейшие задачи, связанные с жаропрочностью и легкоплавкостью, высокой электропроводностью и электросопротивлением, понижением удельного веса и повышением плотности. Кроме того, каждый из редких вступает в химические реакции с другими элементами и образует многочисленные соединения, обладающие самыми неожиданными свойствами.

Задача современной науки — раскрыть их тайны, заставить служить человеку. И она успешно решается. Сейчас нет, пожалуй, ни одной отрасли техники, где бы не использовался тот или иной редкий металл или его соединения. Создание вычислительных машин, космических ракет, квантовых генераторов и портативных рентген-аппаратов немыслимо без использования многих металлов, которые ранее не обращали на себя внимания и которые пока еще рассматриваются как редкие.

Давайте познакомимся с некоторыми из них подробнее.

ЧЕМПИОН ЛИТИЙ





Представим себе на минуту, что все элементы таблицы Менделеева сговорились и устроили между собой спортивное соревнование. Вот вихрем носится маленький и юркий водород, уверенно «сражается» с элементами активный фтор. Грузно ступая, проходит тяжеловес уран, а рядом — представитель наилегчайшей весовой категории — литий. Этот, казалось бы, незаметный представитель команды элементов наверняка возьмет пальму первенства по числу рекордов. Во-первых, он самый легкий. Это единственный металл, который не тонет в воде и даже в керосине. Самолет, сделанный из лития, смогли бы легко поднять два человека!

Однако ни самолет, ни обшивку морского корабля невозможно сделать из лития по той простой причине, что он энергично взаимодействует с воздухом, водой, многими химическими элементами. Хранить его — целая проблема. Этот металл нельзя, как натрий, упрятать в керосин или бензин, приходится готовить специальные вазелиновые ванны и вдавливать в них литиевые прутки.

Литий — довольно распространенный элемент. В земной коре его в 120 раз больше, чем обычного хорошо известного свинца.

Однако долгое время литий использовался лишь в небольшом количестве медицинских препаратов и в пиротехнике. В наши дни популярность этого металла настолько возросла, что теперь его можно встретить в самых различных отраслях современной техники.

Витамин стали

Высокая химическая активность лития очень понравилась металлургам. Оказывается, даже ничтожные добавки этого металла (до 0,005 процента) в сталь снижают содержание в ней кислорода, азота, водорода, серы и тем самым делают сталь более плотной, прочной и устойчивой к коррозии.

Долгое время считалась неразрешимой проблема смазки трущихся механизмов в условиях арктической стужи. Любой самый мощный вездеход оказался бы мертвой грудой металла без особого сорта смазок, в состав которых входит все тот же литий. Теперь наши машины свободно совершают рейды в глубь шестого континента даже при температуре минус 60 градусов.

Важную службу несет литий в телевидении. Находясь в стекле кинескопов, он защищает глаза зрителей от



мощных ультрафиолетовых лучей электронной трубки.

Большую популярность получили многие соединения лития. Способность некоторых из них активно поглощать углекислый газ оказалась особенно ценной для создания нормальных условий в кабинах высотных самолётов и космических кораблей.

Соединение лития с водородом — гидрид лития как источник водорода — заслуживает особого внимания у спасателей. Достаточно смочить его водой, как начнется бурное выделение водорода. Из 2 килограммов этого вещества получается 5600 литров водорода, т. е. столько же, сколько его может содержать стальной баллон весом 80 килограммов, заполненный под давлением 150 атмосфер. Такая компактная упаковка газа совершенно незаменима для быстрого заполнения спасательных средств, воздушных шаров и надувных лодок.

Источник энергии

Известность лития особенно возросла после того, как он нашел широкое применение в ядерной энергетике и ракетной технике. Основную роль при этом, оказывается,

сыграла простота устройства его атома, в центре которого находится ядро, состоящее из трех протонов и трех или четырех нейтронов, а вокруг с огромной скоростью вращаются всего три электрона. В зависимости от того, сколько нейтронов (три или четыре) содержит ядро лития, определяют — легкий «литий-6» или тяжелый «литий-7» — изотопы этого элемента. Прежде всего в ядерной энергетике использовали известное свойство лития образовывать устойчивые соединения с водородом. Только здесь обычный водород был заменен его тяжелыми изотопами — дейтерием и тритерием. Разложение дейтерида лития позволило получить сразу большое количество дейтерия, необходимого для термоядерных реакций. Литий же в этом случае играет роль аккумулятора дейтерия.

В водородной бомбе используется энергия термоядерной реакции между тяжелыми изотопами водорода — дейтерием и тритием, которые в свою очередь получаются при облучении «лития-6» нейтронами в ядерных реакторах. Чтобы между изотопами водорода началась реакция, необходимо нагреть их до сверхвысоких температур — 10 миллионов градусов. Такая температура развивается при взрыве атомной бомбы. Она-то и играет роль запала в водородной бомбе.

По своей мощности водородная бомба во много раз превосходит обычную атомную. Дело в том, что размеры атомной бомбы ограничены объемом взрывчатого вещества, так называемой критической массой; в водородной бомбе количество взрывчатого вещества — смеси изотопов водорода — не ограничено.

Но металлу-рекордсмену больше по душе мирная работа. Сейчас он успешно трудится в специальных литиевых реакторах, отдавая свою энергию людям. Эти реакторы обладают большими преимуществами по срав-

нению с урановыми. Во-первых, литий доступнее урана и значительно дешевле. Во-вторых, при реакции слияния ядер «лития-6» и дейтерия не образуется радиоактивных продуктов деления, и радиацию реакторов легче регулировать.

Как устроена атомная электростанция? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно написать не одну такую книжку. Действительно, это очень сложное техническое сооружение, в котором учитываются, кроме общих, многие специфические проблемы, связанные с новым видом топлива. Внешне устройство «чуда» нашего века выглядит довольно обычно. Имеется «котел» — атомный реактор, в котором за счет ядерных процессов распада тяжелых атомов или, наоборот, слияния легких выделяется тепло. Оно передается циркулирующим теплоносителем из котла в теплообменник, где и получается перегретый водяной пар, вращающий турбину электрогенератора. Все на первый взгляд очень просто. Но это только на первый взгляд.

На самом деле при создании первого проекта атомной электростанции приходилось преодолевать многочисленные трудности. Взять хотя бы проблему теплоносителя. Известно, чем выше температура «котла» электростанции, тем экономичнее ее работа. Но где взять эффективный теплоноситель для ядерных реакторов.

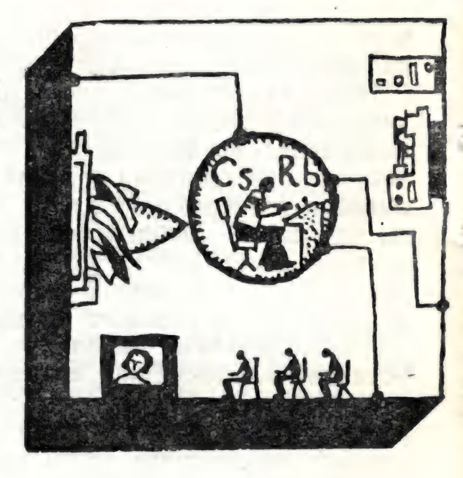
Литий в этом отношении является наиболее подходящим благодаря своему малому удельному весу, большой теплоемкости, относительно малой вязкости и, главное, большому интервалу между температурами его плавления и кипения. Если заглянуть в будущее, то для ядерных самолетных реакторов литий, пожалуй, самый идеальный теплоноситель. Но для достижения этого «рекорда» литию необходимо преодолеть довольно трудный барьер — пока еще не удалось подобрать дешевые стали

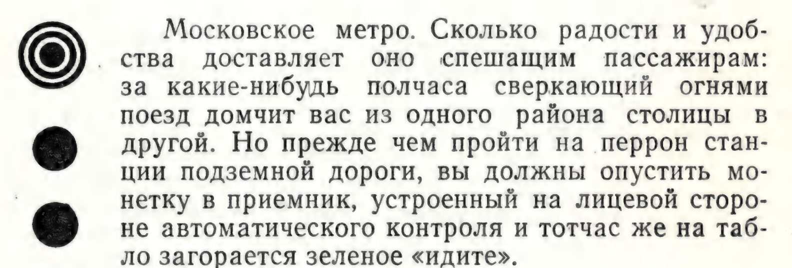
и сплавы, устойчивые против коррозионного воздействия расплавленного металла.

Ракетная техника тоже не обходится без лития и его химических соединений. Он входит в состав жаропрочных эмалей, предохраняющих сопла реактивных двигателей, где при сгорании топлива развиваются необычайно высокие температуры. Кроме того, литий помогает успешно решать проблему создания новых видов топлива высокой калорийности. Соединения лития с водородом и бором, фтором и хлором входят в состав некоторых типов высокоэффективного «химического топлива» для ракет, сверхзвуковых самолетов, управляемых снарядов и подводных лодок. Такое «синтетическое» топливо, благодаря высокой температуре воспламенения, большим скоростям сгорания и истечения газов, открывает замечательные перспективы для использования его в качестве горючего космических ракет.

●

РОЖДАЮЩИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК





Московское метро. Сколько радости и удобства доставляет оно спешащим пассажирам: за какие-нибудь полчаса сверкающий огнями поезд домчит вас из одного района столицы в другой. Но прежде чем пройти на перрон станции подземной дороги, вы должны опустить монетку в приемник, устроенный на лицевой стороне автоматического контроля и тотчас же на табло загорается зеленое «идите».

И если вы случайно или по рассеянности забыли об этом, будете наказаны: на вашем пути с шумом захлопнется створчатая дверь. Автоматический контролер аккуратно несет свою службу! Самая важная деталь этого устройства — при-

бор — фотоэлемент, в котором под действием света возникает электрический ток. Пассажир, опустивший монету, сам того не подозревая, заставляет работать «электрический глаз» контролера в режиме, обеспечивающем свободный путь.

Этот необычный прибор может выполнять тысячу разных дел. Он вовремя включает и выключает уличные фонари, лучше любого швейцара предусмотрительно открывает дверь, безошибочно ведет счет деталям, сортирует разные изделия. А в почтовых отделениях фотоэлемент просто незаменим. Хотите вы передать в другой город небольшое письмо, свою фотографию, чертеж или любой документ — и в этом вам поможет фотоэлемент. С его помощью через несколько минут на месте назначения за многие тысячи километров будет получена точная копия поданной фототелеграммы.

Что же такое фотоэлемент? На чем основана его работа?

Еще в прошлом веке физики заметили, что если цинковую пластинку, заряженную отрицательным электричеством, осветить пучком лучей от электрической дуги, то через некоторое время она разрядится. Под действием света пластинка теряет свои электроны. Луч света, невесомый, неощутимый, оказывается, несет с собой энергию, достаточную для того, чтобы возбудить электроны металла. Получив дополнительную энергию, электроны становятся более подвижными и легко могут выскочить за пределы своего постоянного «жилища», т. е. оторваться от металла.

Впервые действие света на поверхности металлов открыл и объяснил выдающийся русский физик А. Г. Столетов. Все началось с очень простого эксперимента. Ученый взял хорошо отполированный цинковый диск, а напротив установил тонкую металлическую сет-

ку такой же формы. Пластинку присоединил к отрицательному полюсу электрической батареи, а сетку — к положительному. Стрелка включенного в цепь гальванометра оставалась на нуле, потому что между сеткой и цинковой пластинкой находилась прослойка воздуха, размыкавшая цепь. Но стоило лишь направить на диск пучок яркого света, как стрелка гальванометра отклонилась от нулевого положения, указывая на то, что в цепи появился электрический ток. Чем больше поток лучистой энергии, тем сильнее ток в цепи. Как только выключался свет, ток немедленно исчезал.

Это открытие, известное теперь как «эффект Столетова», очень заинтересовало ученого. Он стал менять пластинки, ставя то медную, то алюминиевую, то серебряную.

Однако, независимо от природы металла, в цепи каждый раз появлялся ток, если пучок света падал на отрицательно заряженную пластинку.

Значит, свет выбивал из пластинки только отрицательные электрические заряды — электроны, которые, устремляясь к положительно заряженной сетке, создавали электрический ток. Более того, некоторые металлы под действием световых лучей теряли свои электроны и сами становились источником положительного электрического заряда.

Так была открыта способность света рождать электричество. Свойство это, называемое фотоэффектом, теперь не имеет границ для применения.

Современный прибор, в котором электрический ток возбуждается светом, несложен. Он напоминает схему, собранную в свое время А. Г. Столетовым. Только анод и катод помещены в стеклянную колбу, из которой откачан воздух. Чем сильнее разрежение в лампе, тем легче под действием световой энергии электронам вы-

рваться из «объятий» металлического катода и тем меньше для этого нужна мощность светового луча.

Не все металлы одинаково реагируют на свет. Одни теряют свои электроны даже при освещении спичкой. Чтобы вызвать такой же эффект у других, потребуется мощный луч от электрической дуги. Иными словами, металлы различаются между собой той энергией или работой, которую необходимо совершить с помощью света, чтобы оторвать один электрон. Это «работа выхода» электрона. Чем больше энергии потребуется для отрыва электрона, тем больше «работа выхода».

Для техники, и особенно для производства фотоэлементов, наибольший интерес представляют те металлы, которые легче отдают свои электроны. Они более чувствительны к видимым и невидимым лучам и эффективнее используют энергию света во время своей работы.

Среди известных металлов особенно выделяются своими удивительными фотоэлектрическими свойствами рубидий и цезий. С этими металлами связано одно весьма важное открытие, положившее начало новому методу анализа элементов.

Визитная карточка элементов

Случилось это в 1960 году. Два друга Бунзен и Кирхгоф — профессора известного Геттингенского университета — долго не покидали химическую лабораторию. Они внимательно рассматривали пламя обычной газовой горелки. И было чему удивляться. Бесцветный язычок пламени то окрашивался в малиновый цвет, то становился ярко-желтым или зеленым, если в него вносили различные вещества. Соли натрия всегда окрашивали пламя

в ярко-желтый цвет, а калия — в розовато-лиловый. Если каждому элементу соответствует вполне определенное окрашивание пламени, нельзя ли определить состав неизвестного вещества, поместив его в пламя горелки и наблюдая за изменением его цвета? Анализ, несомненно, упростился бы.

Мысль заманчивая, но осуществить ее не удалось. Оказывается, окраска пламени помогает найти правильный ответ только в том случае, когда вещество чистое. Если же оно содержит примеси, то один цвет забивает другой, и трудно, почти невозможно, определить оттенки, принадлежащие различным элементам.

И все же несмотря на такую неудачу, Бунзен был твердо убежден, что изменение цвета пламени может дать безошибочный ответ на вопрос о составе неизвестного вещества. Нужно было только научиться различать оттенки цвета, разделять их.

Кирхгоф, физик по профессии, очень заинтересовался открытием своего друга. В то время он занимался изучением спектров раскаленных твердых и жидких тел.

Он и предложил наблюдать не само пламя, а спектр, потому что в нем все цвета и оттенки видны гораздо яснее. Но как осуществить эту идею?

Однажды в лаборатории Бунзена Кирхгоф появился с большим ящиком из-под сигар и двумя старыми подзорными трубами. На вопрос друга, что это, он загадочно улыбнулся и стал собирать странный прибор. Стенки ящика он оклеил внутри черной бумагой и в одной из них прорезал узкую щель. Затем установил на тумбе небольшую стеклянную призму и накрыл ее ящиком так, чтобы луч света от горелки проходил через подзорную трубу, щель в стенке и падал на призму, которая разлагала его на составляющие спектры. Узкий пучок света от горелки превращался в красочную полоску, на кото-

рой красный цвет постепенно переходил в оранжевый, затем в желтый, голубой, синий и, наконец, фиолетовый. Этот спектр света хорошо был виден через вторую подзорную трубу.

Когда прибор был готов, Кирхгоф попросил своего друга внести в пламя горелки какое-нибудь известное вещество, а сам прильнул к зрительной трубе. Крупинка поваренной соли окрасила пламя горелки в ярко-желтый цвет.

— Вижу две толстые желтые линии на фоне черной полосы, — сказал Кирхгоф, смотревший в прибор.

Тогда Бунзен стал бросать в пламя соду, селитру, фосфорнокислый и сернокислый натрий, и каждый раз ответ Кирхгофа повторялся: черная полоса прорезана двумя яркими желтыми линиями, причем всегда на одном и том же месте. Вот он, спектр натрия!

Когда стали рассматривать поташ, спектр изменился. Теперь на черном фоне видны были две линии разного цвета: одна — красная, другая — фиолетовая.

Были просмотрены все соли и вещества, которые нашлись в лаборатории, и каждый раз молодые ученые убеждались, что раскаленные пары любого элемента имели свой, отличный от других, спектр, который был его своеобразной «визитной карточкой».

Таким образом, с помощью даже этого примитивного прибора, который ученые назвали спектроскопом, можно было отличать похожие по внешнему виду вещества и даже обнаружить в них ничтожную примесь других элементов. Для этого достаточно было крохотной крупинки.

Победа? Но радоваться было еще рано. Можно ли с помощью спектроскопа отыскать элемент среди множества других? Вот что больше всего волновало Бунзена. Он приготовил смесь из поташа, соды и хлористого стронция и с помощью платиновой проволоки поместил не-

сколько крупинок смеси в пламя горелки. Оно сразу же стало ярко-желтым. Цвет паров натрия заглушил остальные цвета. А что случилось со спектром?

В лаборатории воцарилась напряженная тишина. Казалось, время остановилось. Но вот Кирхгоф поднял голову и торжественно объявил:

— Поздравляю, Роберт! Спектр точно показал, что в смеси есть соли калия, натрия и стронция.

Это было действительно замечательное открытие, давшее в руки исследователей быстрый и удобный метод определения состава различных веществ. Волшебный луч спектроскопа безошибочно открывал самые ничтожные примеси — магния и стронция, лития и натрия и многих других элементов в золе различных растений, в каплях речной или морской воды, — даже когда их количество не превышало миллионной доли миллиграмма.

Как-то Бунзену прислали для исследования бутылочку минеральной воды из Дюркгеймских целебных источников. Врачей интересовало, какие примеси, растворимые в воде, придают ей целебные свойства. Бунзен немного выпарил воду и каплю полученного сгущенного раствора внес в пламя горелки спектроскопа. К этому времени он хорошо знал спектры всех известных элементов и без труда обнаружил в спектре раствора линии натрия, калия, кальция, стронция, лития.

Но что это? В правой половине спектра появились две едва заметные бледно-голубые черточки. Стронций! Не может быть — у него одна голубая линия. Немедленно проверить! Опытный химик прежде всего из раствора удалил кальций, литий, стронций и вновь прильнул к зрительной трубе спектроскопа. На этот раз не было никакого сомнения. Присутствующие в растворе натрий и калий не мешали отчетливо сиять бледно-голубым линиям нового, еще не известного элемента. Это был цезий —

небесно-голубой элемент, обладающий химическими свойствами, сходными с натрием и калием.

Бунзену потребовалось переработать более 40 тонн Дюркгеймской воды, чтобы получить всего лишь 17 граммов цезиевой соли, пригодной для исследования свойств элемента. Спектроскоп был постоянным помощником в этой огромной, кропотливой работе. Он «чувствовал» примесь любого элемента, а это необходимо в процессах разделения вещества.

Постепенно вес продукта становился все меньше и меньше. Из него сначала был выделен хлористый натрий, затем соли кальция, стронция и калия. В остатке должен находиться чистый хлористый цезий.

Каково было удивление Бунзена, когда недалеко от голубых линий спектра цезия, он отчетливо увидел темно-красную линию еще одного элемента, названного впоследствии рубидием. Так спектральный анализ помог ученым отыскать в кладовой природы два ближайших аналога натрия.

Цветные недотроги

Цезий мало распространен в природе. Он почти не образует самостоятельных минералов, зато сопутствует другим элементам во многих горных породах.

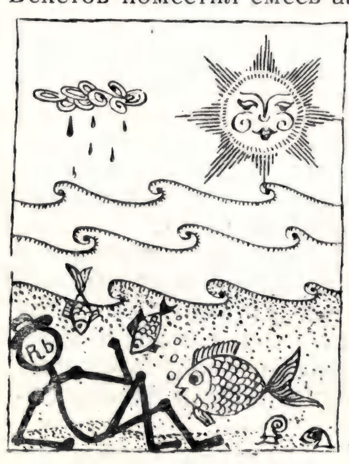
Несмотря на то что рубидий более распространен в земной коре, чем хром, цинк, свинец, вместе взятые, он, как и цезий, относится к редким элементам. Оба металла довольно широко распространены в водах морей и минеральных источников, они обнаружены в золе некоторых растений, в сахарной свекле, зернах кофе и чайных листьях.

Получить рубидий и цезий в чистом виде сложно из-

за их высокой активности. Оба металла на воздухе воспламеняются. Поэтому хранят их в сосудах с керосином или нефтью. Подобно натрию, они энергично взаимодействуют с хлором, фтором, бромом и йодом, а также разлагают воду, выделяя из нее водород. Они мягки и легко плавятся. Тепла ладони достаточно, чтобы цезий превратился в подвижную жидкость, похожую на ртуть.

Обычно в металлическом состоянии рубидий и цезий получают путем электролиза их расплавленных солей в атмосфере водорода. Но есть и другой способ выделения металлического рубидия из его солей, предложенный сто лет назад известным русским химиком Н. Н. Бекетовым. Исследуя свойства соединений алюминия, он заметил, что металлический алюминий легко восстанавливает барий и калий. Стало быть, рассуждал ученый, этим способом можно восстановить и рубидий.

Опыт блестяще подтвердил предположение ученого. Бекетов поместил смесь алюминиевого порошка и гидроокиси рубидия в железный цилиндр, соединенный со стеклянным сосудом-холодильником, и нагрел ее на газовой горелке до ярко-красного каления. Бурно протекающая при этом реакция сопровождалась выделением водорода и отгонкой расплавленного рубидия, который стекал постепенно в стеклянный сосуд-приемник. Так впервые был получен довольно чистый металл, который сравнительно недавно вместе со своим не-



бесно-голубым братом по спектру — цезием — стал служить человеку, помог ему создать звуковое кино и телевидение, организовать автоматический контроль и управление сложнейшими производствами и агрегатами на расстоянии.



В чем секрет фотоэлектрических свойств рубидия и цезия?

Известно, что атом любого элемента состоит из положительно заряженного ядра, вокруг которого вращаются электроны. Чем больше порядковый номер (или атомный вес элемента), тем больше заряд его ядра и тем большее число электронов он имеет. При этом не все электроны одинаково прочно удерживаются ядром. У одних, расположенных вблизи ядра, энергия связи очень велика, другие, вращающиеся на самых удаленных орбитах, могут легко отрываться, если атому сообщить определенную энергию. Речь идет о так называемых валентных электронах. Если между единственным валентным электроном и ядром у калия 18 промежуточных электронов, а у рубидия 36, то у цезия их уже 54. (Все эти элементы расположены в первой группе таблицы Менделеева). Из этих трех металлов легче всего отдаст свой валентный электрон цезий: у него, говорят, самая малая работа выхода электрона. Вот почему цезиевые фотоэлементы более чувствительны, в сравнении с рубидиевыми. Вот почему для передачи цветных изображений по телевиде-

чию в кинескопах используется сложный сурьмяно-цезиевый катод.

Цезиевый фотоэлемент оказался весьма чувствительным даже к невидимым инфракрасным лучам. Это помогло ученым создать прибор, заменяющий рентгеновский аппарат. Невидимые лучи, проходя сквозь неоднородные непрозрачные тела, частично поглощаются ими. А проходящие лучи на цезиевой пластине вызывают также неоднородный фотоэффект. Электронные усилители и преобразователи четко фиксируют все изменения в плотности фототока, и на экране появляется видимое изображение непрозрачной системы. Так на смену сложному и опасному рентгеновскому аппарату готовится новый «всевидящий глаз», способный заглянуть внутрь нашего организма, совершенно не влияя на здоровье и не вызывая никаких осложнений.

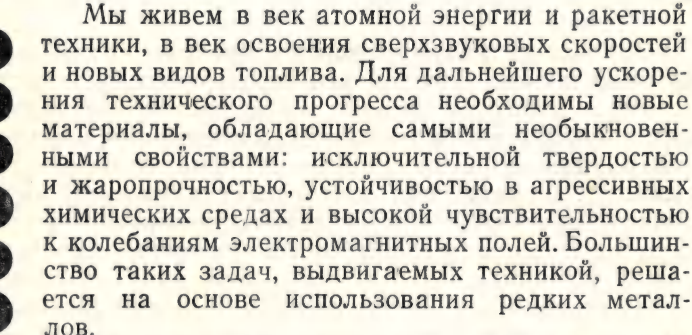
Высокая чувствительность и мгновенная реакция на свет неограниченно расширяют поле деятельности рубидия и цезия.

Можно ли видеть в темноте? Оказывается, можно. Любое тело испускает лучи, которые глаз человека, к сожалению, не ощущает. Для этого потребуется более совершенный прибор — специальный фотоэлемент, одинаково чувствующий как ультрафиолетовые, так и инфракрасные лучи, и работать в нем придется опять-таки цезию. Такой «электрический глаз» сделает невидимое изображение зримым.

В СЕМЕЙСТВЕ ТУГОПЛАВКИХ







Мы живем в век атомной энергии и ракетной техники, в век освоения сверхзвуковых скоростей и новых видов топлива. Для дальнейшего ускорения технического прогресса необходимы новые материалы, обладающие самыми необыкновенными свойствами: исключительной твердостью и жаропрочностью, устойчивостью в агрессивных химических средах и высокой чувствительностью к колебаниям электромагнитных полей. Большинство таких задач, выдвигаемых техникой, решается на основе использования редких металлов.

С одним из них, бериллием, люди познакомились за много лет до нашей эры.

Тайна зеленого кристалла

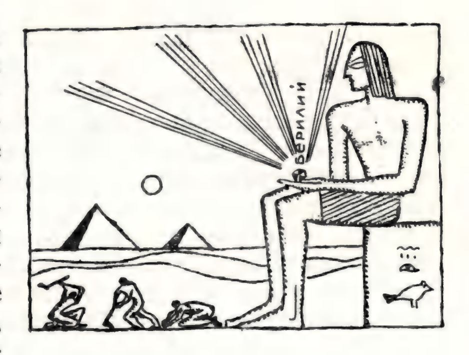
Издавна привлекали к себе внимание прозрачные голубовато-зеленые кристаллы. Это бериллы и изумруды. Добытые рабами среди безводной Нубийской пустыни в копях египетской царицы Клеопатры, они доставлялись караванами к берегам Красного моря и оттуда растекались по всем странам Запада и Ближнего Востока, попадая в Европу, Персию, Византию.

Каждый властелин стремился заполучить великолепный камень. Римский император Нерон никогда не расставался с большим кристаллом зеленого изумруда. Сквозь отшлифованный камень он любил смотреть в цирке на борьбу гладиаторов. И даже в период великой трагедии, когда по улицам подожженого по его приказанию Рима метались обезумевшие от ужаса люди, он любовался огнем, глядя на него через изумрудное стекло, в котором красные языки пламени казались черными и зловещими.

Бериллами и изумрудами восторгались, в них верили, им поклонялись. Считали, что они способны тушить огонь, помогать в бою, лечить от отравления. Особо ценились европейскими ювелирами темно-зеленые изумруды, доставленные из Южной Америки. Сказочные богатства туземных племен этой страны туманили воображение, разжигали страсти. Армады испанских каравелл устремились к земле обетованной, чтобы заполучить замечательные кристаллы.

Но не так просто было овладеть богатствами изумрудов, добытых в Перу, Колумбии и Мексике. В чаще джунглей завоевателей подстерегали отравленные стрелы, на тропах — скрытые ловушки. Лишь после долгой

и трудной борьбы с индейцами испанцам удалось наконец добраться до драгоценных камней, которые считались здесь священными. За несколько лет все могилы и храмы, в которых хранились неисчислимые богатства изумрудов, были жестоко разграблены пришельцами Старого Света. Но коренные месторождения драгоценных камней еще много лет оставались тайной для грабителей. Их крепко хранили труднодоступные горы Колумбии и святая вера туземцев в божественный «камень сияния».



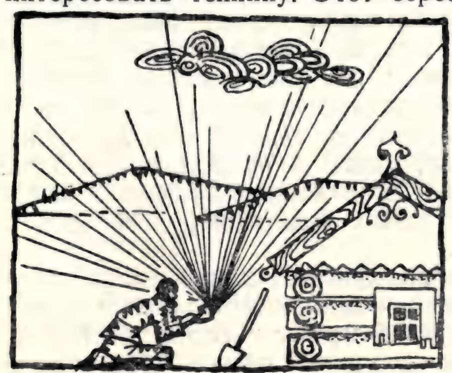
В 1831 году месторождения этого великолепного кристалла были найдены на Урале. Однажды уральский крестьянин Максим Кожевников, собирая в лесу валежник, случайно заметил между корнями вывороченной бурей старой ели ярко-зеленые кристаллы. Он выбрал несколько самых крупных и показал знатокам-гранильщикам. Это были первые уральские изумруды — великолепный материал для огранки драгоценного камня, отличающегося высокой твердостью и радостным блеском. С тех пор и началось победное шествие уральских самоцветов, прославившее наших земляков-рудознатцев и мастеров-гранильщиков.

Но изумруды и бериллы, хризобериллы и смарагды — это не только драгоценные камни, это руда, из которой можно получить серебристый металл — бериллий. Конечно, никому в голову не придет переводить драгоценные

самоцветы, чтобы выплавлять из них металл. Этого и не нужно делать, так как желто-белая разновидность берилла, не представляющая никакой ценности в ювелирном деле, встречается довольно часто в земной коре. Но только начиная с 1797 года, когда французский химик Николя Вокелен исследовал минералы берилл и смарагд и нашел в них новый элемент, стало ясно, что драгоценные камни и ничем не примечательные отвалы изумрудных копей содержат около 4—5 процентов нового металла бериллия. Многочисленные анализы различных пород и минералов показали, что бериллий в общем очень редкий металл. В земной коре его около 0, 0006 процентов, и все же это почти вдвое больше, чем свинца или кобальта.

Изучая свойства нового элемента, Вокелен обратил внимание на сладковатый вкус его солей и окислов. Поэтому за элементом долго сохранялось название «глюциниум», что означает сладкий. А во Франции, между прочим, это название осталось до сих пор.

Практического применения бериллий не находил около четырех десятков лет, хотя свойства его не могли не интересовать технику. Этот серебристый металл в два раза легче алюминия. Плавится при температуре 1284 градуса. Чистый металл очень тверд, но с добавкой ничтожного количества титана, всего 0,5 процента, хорошо поддается ковке и другой механической обработке. При соединении бериллия с



азотом получается бесцветное и очень твердое вещество. Оно плавится при 2200 градусах.

В металлургии использоваться бериллий стал лишь в годы первой мировой войны, когда был предложен эффективный способ разложения бериллиевой руды нагреванием ее с кремнефтористым натрием. Металл при этом довольно легко получался электролизом расплавленных фтористых солей бериллия.

До второй мировой войны в промышленности использовалось лишь несколько десятков тонн бериллия в год. Но уже тогда академик А. Е. Ферсман, обративший внимание на замечательные свойства нового металла, предсказал его расцвет и назвал «величайшим металлом будущего».

Более всего в бериллии ценится свойство придавать различным металлам высокую прочность и упругость. Прекрасные сплавы с медью и магнием гораздо легче известного и распространенного в авиастроении дюралюминия. А сплав бериллия с никелем может быть и мягким, и очень твердым в зависимости от термообработки. Это свойство широко используется в современных авиадвигателях. И вообще роль бериллия в авиации трудно переоценить. Ведь самолет, построенный из сплавов на его основе, много легче и прочнее обычного — из дюралюминия.

Бериллий оказался незаменимым при изготовлении дробильных устройств для измельчения и истирания взрывчатых веществ и взрывоопасных смесей. Это, пожалуй, единственный металл, который при ударе не высекает искру, а потому совершенно безопасен.

И еще есть у бериллия одно важное свойство — это сопротивление к усталости. Пружины из бериллиевой бронзы способны выдерживать 25 миллионов сжатий, то есть в 25 раз больше, чем стальные.

Физиков бериллий привлекает способностью замедлять быстрые нейтроны. Его атом по своей массе близок к массе нейтрона, поэтому достаточно нескольких столкновений с атомами такого замедлителя, чтобы скорость быстрых нейтронов с 20 000 000 метров в секунду упала до тепловой скорости в 2200 метров в секунду.

Применяется бериллий и в процессе расщепления атома. Он становится источником свободных нейтронов при облучении частицами высоких энергий. Современный рентгеновский аппарат смог повысить свою мощность почти в 17 раз благодаря замене алюминиевых выпускных отверстий на бериллиевые.

Не удивительно, что с каждым годом усиливается интерес к этому металлу. Он проникает во многие отрасли техники, смело шагает в будущее, щедро отдавая людям свои секреты.

Сын Земли

Каких только названий не встретишь в таблице элементов. Одни связаны с именами великих ученых, другие — с названиями стран и местностей, впервые подаривших эти элементы человечеству, третьи — с планетами Солнечной системы.

А вот элемент титан носит гордое имя героев древнегреческой мифологии. Титанами назывались бессмертные дети Геи (богини Земли) и Урана (бога Неба), исполины-великаны, вступившие в борьбу с Зевсом за обладание Небом. Открыл его минеролог-любитель англичанин Вильям Грегор. Исследуя песок, взятый в окрестностях городка Менакена, он обнаружил в нем новый элемент, который так и назвал менакеном. А четыре года спустя немецкий химик Генрих Клапрот открыл подобный эле-

мент в другом минерале — венгерском рутиле, и дал ему полюбившееся всем романтическое имя — титан. Клапрот не связывал название с какими-либо необычными свойствами нового элемента, но оно оказалось поистине пророческим. Однако потребовалось более ста лет, чтобы это пророчество ученого оправдалось.

И Грегор, и Клапрот в свое время открыли не металл, а соединение титана с кислородом, поэтому о свойствах металлического титана они ничего не могли сказать.

Задача получения свободного титана оказалась необычайно трудной. Многие исследователи пытались ее решить, но не смогли. Каждый раз, когда удавалось, наконец, получить металл, ученых вновь и вновь постигало разочарование. Титан никак не хотел до конца расставаться со своими элементами-спутниками кислородом, азотом и другими примесями. Такой «коллективизм» титана долгое время оставлял его в разряде хрупких, не поддающихся механической обработке, и поэтому непригодных металлов.

Лишь сравнительно недавно, не более двух десятков лет назад, ученым удалось, наконец, получить довольно чистый металлический титан в промышленных масштабах. Тогда-то и выявились замечательные свойства этого необыкновенного металла.

В нем радовало все. Его большая прочность и легкость, высокая температура плавления и исключительная стойкость против коррозии, ржавления. При обычной температуре титан противостоит самым сильным разъедающим веществам — различным кислотам, расплавленным щелочам и солям. На него не действует даже «царская водка», против которой не могут устоять ни золото, ни платина.

Известно, как сильно разъедают металл морская вода и влажный морской воздух. Стойкость титана в этих средах

просто поразительная. Во время испытаний, которые проводились в течение пяти лет в морских условиях, титан, как и другие металлы, обрастал ракушками и морскими водорослями, но на нем не было обнаружено даже следов коррозии. Эти его свойства особенно пришлись по душе кораблестроителям. Исключительная стойкость титана в воде океанов и рек открывает широчайшие перспективы при постройке морских кораблей, подводных лодок, теплоходов, яхт и понтонов. К тому же, благодаря снижению веса судов можно почти вдвое повысить их грузоподъемность.

Титан относится к тем металлам, которые помогают осуществлять технический прогресс. Без него немыслимы сегодняшняя реактивная авиация и ракетная техника, где используются замечательные свойства металла — высокая теплостойкость при небольшом удельном весе. Современная авиация применяет титан и его сплавы для изготовления крепежных болтов и гаек, а также сложнейших деталей турбореактивных двигателей.

Для реактивного самолета особенно важна прочность материалов в условиях кратковременного повышения температуры. Когда современный летательный аппарат на больших скоростях пробивается сквозь плотные слои атмосферы, обшивка корабля разогревается до такой температуры, что не всякий металл может ее выдержать. Вот здесь-то и приходят на помощь замечательные титановые сплавы.

А химические процессы, протекающие при высоких давлениях и высоких температурах с веществами, сильно разъедающими самые лучшие сорта нержавеющей стали? В них тоже нашел применение этот необыкновенный металл.

Получив на вооружение стойкий конструкционный материал, современная химическая промышленность резко

повысила срок службы своего оборудования. Переход на титановую аппаратуру позволил отказаться от таких несовершенных способов защиты активных поверхностей, как гуммирование и эмалирование. Теперь титан успешно применяют для изготовления труб теплообменников, через которые можно про-



пускать сильно разъедающие кислотные растворы. Раньше трудноразрешимой проблемой считались хранение и транспортировка агрессивных веществ. Сегодня и эта проблема оказалась по плечу металлу-богатырю.

Если металлический титан — вещество серебристого цвета, то его соединение с кислородом — белый порошок. Он-то и привлек к себе внимание художников еще в 1908 году. Именно тогда пришла удачная идея производить из двуокиси титана белила. Интерес к титановым белилам, несмотря на сложность технологии их получения, не иссяк до сих пор. Дело в том, что эти белила не имеют соперников среди красок, приготовляемых из других веществ. Их кроющая способность в 15 раз выше, чем у свинцовых белил. Они не чернеют со временем, более прочны, и имеют красивый оттенок.

Несмотря на высокую стоимость титановых белил, они широко используются в химии полимеров, при изготовлении специальных красок, лаков и эмалей, предо-

храняющих металлы от коррозии. Достаточно покрыть выхлопные трубы и глушители двигателей подводных лодок титановой эмалью, чтобы срок службы этих деталей увеличился в десятки раз.

Специальная керамика, отличающаяся высокой диэлектрической проницаемостью, тугоплавкие стекла и фарфор содержат в своем составе двуокись титана. А совсем недавно из соединения двуокиси титана с калием были изготовлены тонкие в несколько миллиметров фибровые листы, отличающиеся чрезвычайно низкой теплопроводностью. Если одну сторону такого листа нагреть до 1200 градусов, то к другой стороне можно без опасения приложить ладонь.

Рассказанное здесь далеко не охватывает всех областей, где титан уже нашел применение, и где он может быть использован в недалеком будущем. Сегодня титан стоит на грани между редкими и обычными металлами. Среди других элементов по своей распространенности в природе он на десятом месте. А если рассматривать только металлы, то впереди титана окажутся лишь алюминий, железо и магний. Можно ли называть редким металл, запасы которого в несколько раз превышают запасы меди, цинка, свинца, вольфрама, ртути, висмута, сурьмы, хрома, марганца, молибдена, серебра, золота, платины, олова, никеля вместе взятых? Вот почему для титана больше подходит определение — новый металл.

Более широкое использование этого металла в технике сдерживает его высокая стоимость. Поэтому-то в мировом производстве металлов титан занимает пока девятое место. Его получают примерно в 6 тысяч раз меньше, чем чугуна и в 30 раз меньше, чем меди. Но если сравнить темпы роста производства титана и, например, алюминия, то несомненно, что новому металлу предстоит в ближайшие годы продвинуться вперед и перейти с девятого

на одно из первых мест в мировом производстве металлов. Титан нужен технике и промышленности сегодня. Вот почему в нашей стране уделяется особое внимание развитию титановой промышленности. Вот почему этот благородный металл, как символ славы и величайших достижений нашей Родины, сияет ныне на обелиске, установленном в Москве в ознаменовании запуска первого в мире советского спутника Земли.

В огне не горит, в кислоте не растворяется

В промышленности нередко случается решать вопросы, связанные с высокими температурами. К примеру, металлургам постоянно приходится иметь дело с футеровкой печи. Для этого необходим материал, выдерживающий сильный нагрев, нерастворяющийся в горячем металле. В старину мастеровые на доменных печах подолгу священнодействовали над составлением огнеупорных смесей. Это считалось профессиональной тайной, в которую посвящались лишь избранные.

Но вот появился необычный материал — двуокись циркония. С виду она похожа на белую глину, однако расплавить ее можно лишь при температуре 2700 градусов. Самая замечательная особенность нового огнеупорного материала — незначительное изменение его объема от температуры. Вот почему стенки плавильных печей, сделанные из этого тугоплавкого вещества, не растрескиваются при нагревании и охлаждении, что резко увеличивает срок их службы.

Так начал свою службу на фронтах высоких температур элемент цирконий, двуокись которого впервые была выделена немецким химиком-аналитиком Генрихом

Клапротом в 1789 году. Для этого ученому довольно долго пришлось повозиться с золотисто-оранжевым минералом, отличающимся сильным алмазным блеском. Название минерала — циркон, по-видимому, происходит от персидского слова «царгун», что означает «золотистый». А новый тугоплавкий элемент, открытый в этом минерале, был назван цирконием. В «кладовой» земли он встречается довольно часто и занимает одиннадцатое место по распространенности среди других элементов. Его гораздо больше, чем меди, свинца, никеля и цинка вместе взятых. И все же цирконий относится к группе редких металлов.

Прославился металлический цирконий исключительной стойкостью к агрессивным средам. В этом отношении он опередил все известные тугоплавкие металлы. Особенно успешно цирконий сопротивляется действию расплавленных щелочей — свойство неоценимое в химическом производстве.

Достаточно ввести в сталь всего лишь 0,1 процента циркония, как значительно повышается ее твердость и вязкость, что очень важно для сопротивления кратковременным, но сильным ударам. Вот почему броневые плиты в своем составе обязательно содержат этот металл. Современный реактивный самолет получил необходимый по прочности и термостойкости материал тоже благодаря цирконию. Турбине самолета, работающей при 780—800 градусах, нипочем жара даже в сочетании с огромной нагрузкой.

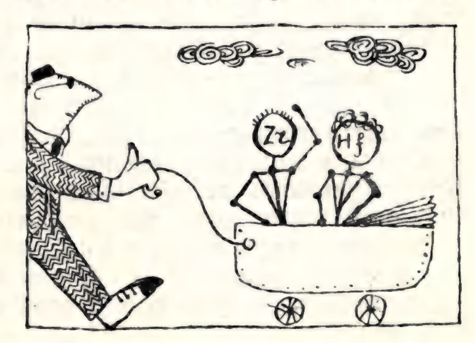
Вам нужны прочные медные контакты — добавьте цирконий. Это резко увеличит их прочность и совершенно не повлияет на электропроводность. А разве давали бы столько света осветительные ракеты, если бы при их изготовлении не применялась смесь порошка металлического циркония с горючими соединениями?

Химические близнецы

Если как раскислитель и очиститель стали от вредных примесей азота, серы, фосфора металлический цирконий с давних пор пользовался большой популярностью у металлургов, то в атомную энергетику он получил пропуск лишь несколько лет тому назад. Произошло это опять-таки благодаря тому, что ученые сперва догадались о существовании, а затем научились выделять из общей массы очень похожий на цирконий элемент — гафний.

Погоня за близнецом циркония была не случайной, существование гафния было предсказано на основании периодической системы Д. И. Менделеева. А открытие этого элемента в рудах, содержащих цирконий, еще раз наглядно доказало огромную роль периодического закона для развития науки и химии особенно.

Мало кто видел металл гафний или его соединения. Это доступно немногим исследователям, изучающим свойства совсем еще молодого элемента. Между тем, в природе гафния предостаточно. Его в 25 раз больше, чем серебра и в 1000 раз больше, чем золота. Но вот беда! Уж очень он распылен, собственных минералов не имеет и всегда сопутствует цирконию. Разделить же эти элементы-близнецы — задача необычайно трудная.



Раньше для отделения циркония от гафния пользовались различием в растворимости их солей. При этом, что-

бы получить соединения циркония, не содержащие гафний, требуется ни много, ни мало — 500 операций кристаллизации и растворения! Конечно, такой процесс не нашел широкого промышленного распространения.

Сейчас химики научились получать специальные поглотители — ионнообменные смолы, которые цепко удерживают один элемент, свободно пропуская другой.

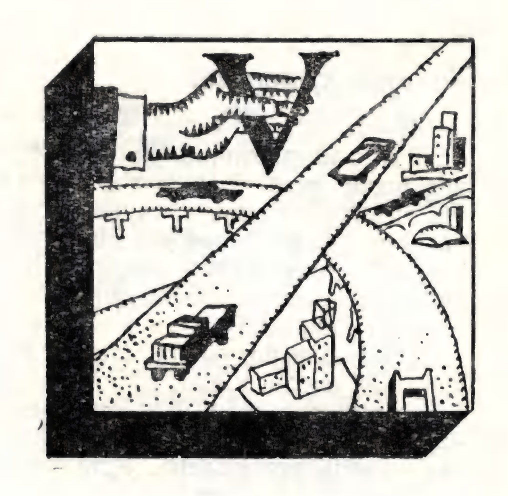
Если через колонку с таким веществом пропустить раствор, содержащий оба элемента, то на выходе раствор будет содержать чистый цирконий, «растеряв» гафний в массе поглотителя. Последующая промывка колонки кислотой даст свободный от своего собрата гафний.

Почти во всех случаях при использовании циркония его спутник мог спокойно присутствовать, не влияя на качество получаемых из циркония соединений, сплавов, изделий. Уж очень он похож на своего собрата. Но в одном они резко отличаются друг от друга: в способности поглощать нейтроны.

Гафний, подобно элементам бору и кадмию, является сильнейшим поглотителем нейтронов. А цирконий, как и алюминий, относительно свободно пропускает их. Если прибавить к этому великолепные механические свойства и термическую устойчивость металлов, цирконий может служить конструкционным материалом в атомном реакторе, а гафний нет. Зато этот металл можно использовать для изготовления приспособлений, регулирующих мощность ядерного реактора, поддерживающих в нем цепную реакцию на заданном уровне, а в случае необходимости мгновенно прекращающих ее.

Вот так разделенные химические близнецы поступили на службу мирному атому. О них стали говорить, как о стратегическом сырье. В них стал нуждаться наш атомный век.

БОГИ СПУСТИЛИСЬ НА ЗЕМЛЮ



Различна судьба элементов. Одни открыты давным-давно, а до сих пор ютятся где-то на задворках, ждут своего признания. Другие, наоборот, с первого дня известности стали широко применяться в жизни человека, в науке и технике.

Некоторые элементы с трудом отыщешь в земной коре — так их мало. Другие встречаются в самых неожиданных местах: в различных горных породах, в воде рек, озер и морей и даже в крови животных, причем, в значительных количествах.

Об одном из таких элементов — ванадии — пойдет ниже речь.

Сын богини красоты

Вот как поэтично рассказал об открытии ванадия шведский химик Берцелиус в письме к своему другу, тоже химику Вёлеру, который, исследуя свинцовую руду, не сумел найти в ней новый элемент.

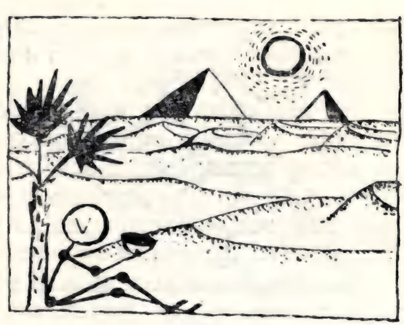
...«В давние-давние времена на далеком севере жила Ванадис, прекрасная и любимая всеми богиня. Однажды кто-то робко постучался в ее дверь. Богиня удобно сидела в кресле и подумала: «Пусть постучится еще раз». Но стука не последовало, послышались удаляющиеся шаги. Кто же этот скромный и неуверенный посетитель? Богиня открыла окно и посмотрела на улицу. «Ах, — сказала она, — ведь это Вёлер». Усталая и грустная опустилась Ванадис в свое мягкое кресло.

Через несколько дней вновь услышала она чей-то стук. На этот раз стук продолжался до тех пор, пока богиня не встала и не открыла дверь. На пороге перед ней стоял высокий молодой красавец Нильс Сёвстрем. Они полюбили друг друга и у них появился малыш, которому дали имя Ванадий».

Так шведский профессор Нильс Гавриил Сёвстрем назвал новый металл, открытый им в 1830 году.

Шведскому химику, по-видимому, не было известно, что гораздо раньше, в 1801 году в «комнату богини стучался» замечательный человек, горячий поборник свободной Мексики и борец за ее будущее, прекрасный химик и минеролог, знаменитый дон Андреас Мануэль дель Рио. Исследуя бурую свинцовую руду, добытую в Симпане (Мексика), он нашел в ней как будто бы новый металл. Имея в виду разноцветность окислов этого элемента, назвал его сначала панхромом (в переводе с гречес-

кого это означает всецветный), а позднее заменил название элемента на эритроний, то есть красный. Однако установить настоящую природу нового элемента дель Рио не смог. Химики, проверявшие образцы свинцовых руд, признавали этот элемент за разновидность хрома. И в конце концов, ученый отказался от мысли, что им был открыт новый элемент, считая, что эритроний — это просто-напросто загрязненные окислы хрома.



Но так или иначе истина была восстановлена. Все три исследователя имели дело с новым элементом, который спустя полстолетия стал незаменимым в металлургии.

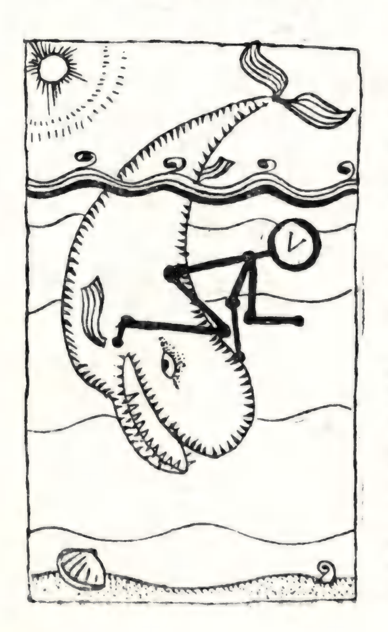
Хотя в земной коре ванадия гораздо больше, чем таких распространенных в природе металлов, как цинк, медь, олово, свинец, он образует всего лишь несколько собственных минералов, не имеющих промышленного значения. Этот дорогой и ценный металл, как и многие редкие элементы, чаще только квартирант у гостеприимных хозяев. Атомы ванадия можно встретить в железных, свинцовых и сернистых рудах, в горячих песках пустынь, черных битумах и асфальтах и даже в нефти. Причем руды, содержащие уже один процент ванадия, считаются чрезвычайно богатыми. Обычно в промышленности используется сырье, в котором ванадия всего 0,1 процента.

Так, всемирно известное Качканарское месторождение титаномагнетитовых руд на Среднем Урале, огромные запасы которых позволяют снизить себестоимость

чугуна, стали и ванадия до самого низкого в СССР уровня, содержит не более 0,08 процента этого чудесного металла.

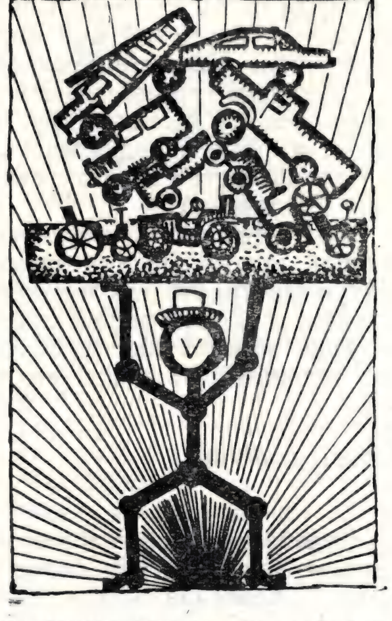
Не только камни полюбились ванадию. Часто он квартирует и в живых организмах. Особенно его много в крови некоторых морских животных. Асцидии и голотурии, обитающие многотысячными колониями у берегов морских заливов,— настоящие живые копилки ванадия. Они содержат в своей крови до 10 процентов этого металла.

Ванадий часто называют витамином стали. Достаточно добавить 0,1—0,2 процента этого металла к обычной стали, как вдвое повышается ее прочность. Такая добавка резко увеличивает упругость стали, сопротивление истиранию и разрыву. Происходит это благодаря тому, что ванадий освобождает сталь от растворенных в ней азота и кислорода, делает ее однородной, вязкой и мелкозернистой. Кроме того, избыточный ванадий соединяется с углеродом, образуя прочные карбиды.



Ванадиевая сталь полюбилась машиностроителям. Из нее изготовляют многие ответственные части автомобиля: рессоры, коленчатые валы, оси, шестерни. Американский «автомобильный король» Форд, начавший карьеру с удачного применения ванадиевой стали для

осей автомашин, сказал: «Если бы не было ванадия, — не было бы и автомобиля».



А иногда ванадий, точнее его окисел, выступает в роли «волшебной палочки». Как так? — спросите вы.

Побываем на сернокислотном заводе — там, где получают «хлеб химии» — серную кислоту. В самом процессе производства нет ничего загадочного. В огромных печах обжигают серный колчедан. Образующийся при этом очень едкий сернистый газ по трубам направляется в контактный аппарат — специальную камеру, начиненную особым веществом — катализатором. Без него почти невозможно превращение сернистого газа в серный ангидрид. В роли ускорителя реакции долгое время выступал платинированный асбест (асбест с нанесенным на него порошком платины). Это очень дорогой и нестойкий катализатор, он часто отказывался работать из-за отравления различными газообразными примесями. Поэтому, когда в Одесском химическом институте была установлена возможность замены платинированного асбеста окислом ванадия, все сернокислотные заводы стали использовать новое соединение.

В процессе превращения сернистого газа в серный

ангидрид окись ванадия непрерывно передает сернистому газу необходимый для окисления кислород. Стоит ее убрать, как реакция замедляется в десять раз.

Не только серная кислота своим появлением обязана теперь новому катализатору. Необычайные «волшебные» свойства окиси ванадия используются и в крекинге нефти, и в производстве целого ряда очень сложных органических соединений.

Замечательны многие соли ванадия. Зеленые, красные, черные, золотистые, как бронза, они дают огромное разнообразие красок для цветного фарфора и эмалей, для специальной фотографии и особых чернил. Широкое применение находит этот элемент уже сегодня, в современной технике, но будущее его еще впереди.

Отец и дочь

Судьба двух других редких металлов связана с событием, происшедшим более трехсот лет назад. После долгого плавания в лондонский порт пришел королевский фрегат, груженный товарами из Северной Америки. Среди них были несколько ящиков с камнями, собранными в различных уголках Нового Света. Эти образцы минералов предназначались для коллекции, которую создавали английские геологи в Королевском музее. В числе минералов, попавших на этот раз в витрину музея, оказался большой почти черный камень. От обычного куска угля он отличался очень тяжелым весом да прожилками золотистой слюды. Осмотрели его геологи внимательно и решили — образец железной руды. А камень назвали колумбит в честь первооткрывателя Америки.

Пролежал этот камень в музее под стеклом витрины полтора века, пока им не заинтересовались химики.

С этого момента спокойная жизнь камня кончилась. Его раздробили в порошок и стали растворять в кислотах, прокаливать, снова растворять, чтобы определить содержащиеся в минерале элементы. Занимался всем этим известный английский химик Чарльз Гэттчет. Анализ минерала показал, что геологи, нашедшие камень, не ошиблись — в нем действительно было железо, кислород и... еще что-то.

Гэттчет принялся тщательно выделять неизвестную примесь, определять ее удельный вес, химические свойства. И скоро в руках ученого был новый химический элемент — колумбий. Назвали его так по имени минерала, подарившего этот элемент.

Описание нового элемента опубликовали, а минерал снова положили под стекло. Это было в 1801 году. А год спустя молодой шведский химик Экеберг, при изучении минералов Скандинавского полуострова, вновь наткнулся на следы неизвестного элемента. Но не так-то просто было выделить его в чистом виде. Много месяцев упорнейшего труда потратил ученый, чтобы получить несколько граммов этого элемента. Поэтому-то Экеберг назвал открытый им элемент танталом, по имени одного из героев греческой мифологии, которому за преступление перед богами было уготовано тяжкое наказание голодом и жаждой. Тантал — любимый сын Зевса — был заточен в пруд, где стоял по горло в воде, под деревом, ветви которого свисали и гнулись от тяжести плодов. Всякий раз, когда Тантал, томимый жаждой, открывал рот, чтобы напиться, вода исчезала; когда мучимый голодом, он поднимал руки, чтобы сорвать плод, ветка с плодами уклонялась в сторону.

Так древний миф описывал «танталовы муки». Нема-

ло огорчений и разочарований пришлось испытать и шведскому химику, прежде чем удалось выделить открытый им элемент в чистом виде. Но что любопытно: химические свойства тантала и открытого Гэтчетом колумбия удивительно совпадали. Только удельные веса их значительно отличались. Может, тантал и колумбий один и тот же элемент, а измерение удельных весов было ошибочным? Еще и еще раз повторен эксперимент. Результаты те же.

Шли годы. В разных странах химики «открывали» в минералах элементы, очень похожие по своим свойствам на тантал. Но всякий раз они с удивлением обращали внимание на несоответствие плотностей новых элементов.

Разгадка пришла лишь в 1844 году, когда немецкий химик Генрих Розе нашел в одном минерале сразу оба элемента — тантал и колумбий. Оказалось, что каждый раз исследователи имели дело не с чистыми веществами, а со смесью двух неразлучных и очень похожих друг на друга элементов. В одном случае эта смесь содержала больше тантала и была тяжелее, в другом — больше легкого колумбия. С тех пор их не путали. Розе решил назвать колумбий — ниобием по имени дочери мифического Тантала Ниобеи. Ведь элементы очень похожи друг на друга, как самые близкие родственники, говорил Розе, почему бы это родство не отразить и в их названиях? Так отец и дочь из мифа переселились в чудесную страну редких элементов.

А пропуском в эту страну послужили замечательные химические и физические свойства тантала и ниобия. Оба металла находятся в одной группе таблицы Менделеева — в пятой. По внешнему виду они похожи на платину, только гораздо тверже. Серебристо-белые со стальным отливом тантал и ниобий обладают исключительно

высокой жаропрочностью. Нужна температура 3000 градусов, чтобы твердый тантал расплавился. Ниобий несколько уступает по тугоплавкости. Его температура плавления около 2500 градусов.

Большая устойчивость к различным агрессивным средам делает эти металлы незаменимыми материалами для конструкций и деталей химической аппаратуры. Даже высокая стоимость листового тантала и фасонных изделий не является препятствием для его использования в химическом машиностроении. Изготовленные из этого металла мешалки, трубопроводы и сосуды прочны и долговечны в самых агрессивных средах. Поэтому замена обычных конструкционных материалов, используемых в ответственных узлах, на тантал, как правило, экономически себя оправдывает.

Механические качества тантала исключительно высоки. С помощью специальной термической обработки его можно сделать таким мягким, что он будет легко коваться и протягиваться в тончайшую фольгу, а можно превратить в вещество тверже стали.

Тончайшее искусственное волокно получается путем продавливания специальной вискозной массы сквозь микроскопическое «сито» с отверстиями в несколько сотых долей миллиметра. Это фильеры. Их изготавливали раньше из платины. Часто во время работы отверстия в фильерах засорялись, и аппарат выходил из строя. Чрезвычайно трудно было прочистить фильеры, не повредив зеркальную поверхность отверстий в мягкой платине. Танталовое «сито» гораздо прочнее. Его можно промывать в самых сильных кислотах, чистить щетками, не опасаясь нарушить ювелирную конструкцию.

Тантал и ниобий высоко оценили и металлурги. Добавка ниобия к нержавеющим хромоникелевым сталям делает их пластичнее и позволяет изготовлять из них

изделия быстрым и дешевым способом — горячей штамповкой.

Почти все металлические сплавы при низких температурах становятся хрупкими и при малейшем ударе разлетаются на мелкие кусочки. Ниобий избавил их от такого недостатка. Добавка всего лишь 0,7 процента этого металла сохраняет прочность сплавов даже при температуре 80 градусов ниже нуля, что особенно важно для деталей реактивных самолетов, летающих на большой высоте.

Долгое время химики не могли объяснить стойкость тантала в сильно агрессивных средах. Дело оказалось в том, что опущенный в кислоту кусочек тантала тотчас же покрывается тончайшей, в несколько микрон, очень прочной пленкой, которая и защищает металл от окисления и разъедания кислотами. Мало того, эта пленка, оказывается, обладает ценнейшим для электротехники свойством. Если через раствор, в который погружен тантал, покрытый такой пленкой, пропускать переменный ток, он пройдет только в одном направлении — от раствора к металлу. Пленка в данном случае выступает в роли выпрямителя и широко используется в радиотехнике.

Любопытно, что конденсаторы из тантала могут сами себя «ремонтировать». Допустим, что искра при высоком напряжении нарушит изоляцию, — тотчас в месте пробоя на поверхности металла образуется изолирующая пленка окисла, и конденсатор продолжает нормально работать.

Известно, что радиолампы хорошо действуют, если из них полностью удален воздух. Однако долгое время в радиотехнике это было проблемой номер один. Самые мощные вакуумные насосы не могли обеспечить необходимое в лампах космическое разрежение. Здесь-то как нельзя кстати оказались замечательные свойства тантала

и ниобия, способных жадно поглощать при нагревании любые газы. Один грамм этих металлов поглощает более ста кубических сантиметров газа. Настоящая губка! Чтобы создать в стеклянных баллонах необходимое разрежение, детали радиоламп — аноды, сетки, катоды — изготовляют из этих замечательных металлов.

Помощник хирурга

Много разных чудес открыли людям металлы-родственники. Они дали самые твердые и самые тугоплавкие материалы. Они помогли обуздать и заставили служить человеку атомную энергию. Наконец, они оказались незаменимыми помощниками хирургов.

В клинику доставили пострадавшего. Рентген показал раздробленный перелом голени со смещением. Предстоит удалить часть кости. Больному на всю жизнь грозит хромота... Но этого не случилось.

Сначала операция проходит как обычно: удаляются осколки раздробленной кости. Но вот ассистент достает из стерилизатора небольшую металлическую трубочку. Руки хирурга ловко устанавливают ее на место удаленной части кости и закрепляют специальными, тоже металлическими скрепками. Операция почти закончена. Остается лишь наложить шов на рану. Больной может не опасаться за свою ногу. Она будет здорова.

Что же помогло больному? Опять тантал. Он обладает очень ценной способностью входить в живую ткань организма, не нарушая ее. Он, как говорят медики, «биологически совместим» с тканью организма и может сколько угодно находиться в организме. Тончайшей полоской этого металла соединяют раздробленные кости даже в черепе. Танталовой проволокой, толщиной в со-

тые и тысячные доли миллиметра, сшивают сухожилия и нервы. Специальная танталовая сетка вводится в стенки брюшной полости после операции, чтобы укрепить их.

Большим успехом у хирургов всего мира пользуется созданный советскими учеными прибор для сшивания кровеносных сосудов. Шов, выполненный им даже на самом тонком сосуде, получается ровный и прочный и не препятствует току крови. Специалисты — медики всего мира, по достоинству оценившие это приспособление, говорили о нем, как о русском спутнике в медицине. Оказывается, в этом приборе тантал уверенно несет службу здоровья.

Сколько еще загадок таят эти поистине благородные и ценные металлы? Необыкновенные свойства многочисленных химических соединений тантала и ниобия ждут своих открывателей. Становится понятным интерес геологов к новым месторождениям этих элементов. И хотя их содержание в земной коре оценивается лишь несколькими стотысячными долями процента, встречаются около ста минералов, содержащих оба элемента. Правда, промышленности пока приходится довольствоваться лишь некоторыми из них.

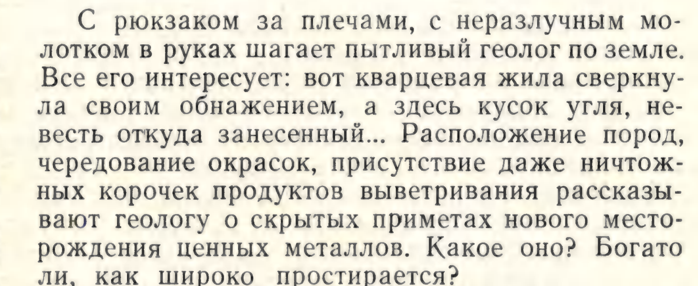
Сложна и трудоемка технология извлечения тантала и ниобия из руд. Уж очень стойки минералы, в которых «упрятаны» эти элементы. Для того чтобы освободить их, приходится пользоваться либо едкой щелочью, либо газообразным хлором. Вот почему тантал и ниобий пока еще очень дороги. А это, безусловно, сдерживает их более широкое использование.

●

СПУТНИКИ МЕТАЛЛОВ







С рюкзаком за плечами, с неразлучным молотком в руках шагает пытливый геолог по земле. Все его интересует: вот кварцевая жила сверкнула своим обнажением, а здесь кусок угля, невесть откуда занесенный... Расположение пород, чередование окрасок, присутствие даже ничтожных корочек продуктов выветривания рассказывают геологу о скрытых приметах нового месторождения ценных металлов. Какое оно? Богато ли, как широко простирается?

Сколько металла должна содержать руда месторождения, чтобы ее было выгодно разрабатывать? Например, железо находится почти во всех породах и в очень многих минералах, но

извлекается оно лишь в том случае, если в руде его не менее 35 процентов. А вот никелевые руды, содержащие всего 5 процентов никеля, считаются исключительно богатыми.

Есть элементы, содержание которых в рудах настолько ничтожно, что нет смысла их перерабатывать. Они не образуют собственных минералов, а обычно в виде изоморфных примесей, как «квартиранты», присутствуют в кристаллах вместе с основными элементами. За такую рассредоточенность в земной коре и крайне низкое содержание, за отсутствие «чувства коллективизма» их называют рассеянными элементами. Обычно они сопутствуют другим ценным металлам и добываются как побочные продукты при переработке отходов или промежуточного сырья в основном производстве.

Открытие одного из рассеянных элементов — галлия — результат широкого применения спектрального анализа для исследования различных горных пород. Но этому открытию, как уже упоминалось раньше, предшествовало гениальное научное предсказание Д. И. Менделеева. 3 декабря 1870 года на заседании Русского физико-химического общества он сказал, что в третьей группе третьего ряда недостает элемента, следующего за цинком, а потому обладающего атомным весом, близким к 68. И назвал этот недостающий элемент эка-алюминием, так как он расположен в группе сразу же под алюминием. Д. И. Менделеев очень подробно рассказал о свойствах предполагаемого элемента. «Во всех отношениях его свойства должны представлять переход от свойств алюминия к свойствам индия и, очень вероятно, что этот металл будет обладать большей летучестью, чем алюминий, а потому можно надеяться, что он будет открыт спектральным исследованием».

И, действительно, пять лет спустя французский химик

Поль Эмиль Лекок де Буабодран с помощью спектрального анализа обнаружил в спектре цинковой обманки из Пьеррфита (Пиренеи) линию, не принадлежавшую ни одному из известных элементов. Так впервые «заговорили» атомы нового элемента, названного в честь родины де Буабодрана галлием [1].

Получив небольшое количество металла в свободном состоянии, французский химик принялся изучать физические и химические свойства открытого им элемента. Вскоре в докладах Парижской академии появилось об этом коротенькое сообщение. Оно очень заинтересовало Д. И. Менделеева, и в своем письме в Парижскую академию наук он сообщил: «...способ открытия и выделения, а также немногие описанные свойства заставляют предполагать, что металл — не что иное как эка-алюминий».

Удивительны свойства галлия. Белый металл, чуть-чуть отливающий синевой, он легко режется ножом, растворяется в кислотах, вступает во взаимодействие с галогенами, образуя соли. Но есть у него одно свойство, которое делает его не похожим на другие металлы. Если взять небольшой кусочек галлия и положить на ладонь, то через несколько минут он превратится в подвижный, сверкающий шарик, совсем, как капелька ртути. Галлий плавится при температуре 29,5 градуса, но кипит он лишь при 2000 градусов. Ни один металл не может так долго оставаться в жидком состоянии при нагревании. Потому-то галлий — настоящая находка для изготовления высокотемпературных термометров, где ртуть, закипающая при 300 градусах, совершенно не выдерживает конкуренции. Галлиевыми термометрами можно измерить температуру пламени в заводских печах в пределах 1000—1500

---

[1] Галлия — старинное название Франции.

градусов. Ими можно очень точно определить температуру плавления многих металлов.

Плавится галлий легко, а застывает с большим трудом. Он может долгое время оставаться жидким, даже если его вылить на лед. Зато когда застывает, то, как чугун, довольно сильно расширяется. Поэтому держать галлий в металлических сосудах нельзя — разорвет. Его хранят в небольших желатиновых капсулах или резиновых баллонах. Эта особенность галлия используется в технике высоких давлений. Специальные насосы, заполненные жидким галлием, при соответствующем охлаждении развивают огромное давление.

Галлий по достоинству оценен и зеркальщиками. Оптические зеркала, при изготовлении которых был использован этот металл, гораздо прочнее обычных, а их отражающая способность почти идеальна, потому что галлий поглощает лишь 4—5 процентов падающих лучей.

Соединения этого замечательного металла широко используются в качестве катализаторов для многих реакций органического синтеза. В последнее время к галлию возник особый интерес. Низкая температура плавления и высокая температура кипения этого элемента сделали его потенциальным теплоносителем в атомных силовых установках. И лишь довольно сильная агрессивность жидкого галлия, способного растворять почти все известные конструкционные металлы и сплавы, сдерживает его использование в современных атомных электростанциях. Но ученые еще скажут свое слово. Они найдут способ, как укротить «агрессора». Известно же, что тантал и вольфрам свободно выдерживают натиск жидкого галлия даже при температуре 1000 градусов.

Пока еще галлия добывается очень мало, не более тонны в год, и стоит он гораздо дороже золота. Но природа содержит этот металл в достаточном количестве,

его в полтора раза больше, чем свинца, и в 30 раз больше, чем ртути. Вот только необычайная распыленность этого металла заставляет отыскивать искусственные источники для его получения.

Галлий сопутствует алюминию почти во всех его минералах. Часто он встречается вместе с медью, цинком. Поэтому, как правило, получают галлий из отходов производства алюминия, цинка, меди.

Удивительные зеркала

Не только галлий «уживается» с цинком. Еще одному рассеянному элементу — индию — пришлась по душе «гостеприимность» необыкновенного хозяина. Немецкие химики Ф. Рейх и Т. Рихтер, исследуя в 1863 году с помощью спектроскопа цинковую руду, обнаружили в спектре необыкновенно яркую синию линию, похожую по цвету на краску индиго. За это сходство новый элемент и был назван индием.



После долгого и упорного труда ученым удалось получить два образца металлического ин-



дия, каждый величиной с карандаш, которые были оценены Парижской академией наук в 80 000 долларов — по 700 долларов за грамм. Рейх и Рихтер изучили основные свойства этого металла: его удельный вес, температуру плавления, твердость. Вот только не ясно было, к какой группе элементов его можно отнести.

В то время ученые ошибочно считали, что индий — «родственник» цинка. Недаром они всегда вместе. Эту ошибку исправил Менделеев. Составляя периодическую систему, он показал, что принятый ранее для индия атомный вес 75,6 неправилен, и что этот элемент гораздо ближе по свойствам к алюминию, чем к цинку. Следовательно, его место не во второй группе, где цинк, а в третьей, где алюминий.

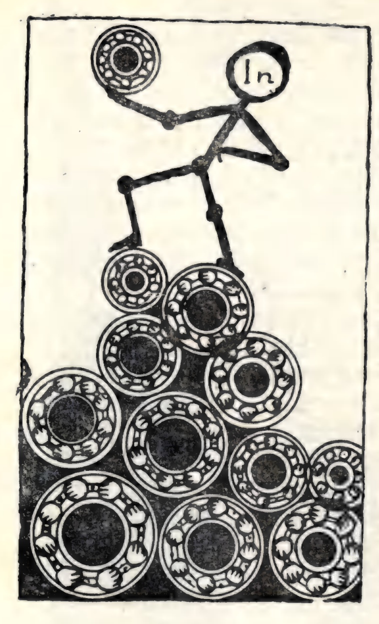
Вскоре, после измерения теплоемкости индия, было получено новое значение атомного веса. Оно точно соответствовало предсказанному Менделеевым.

Почти сто лет индий не находил никакого практического применения. Это был просто «элемент 49». А сейчас техника широко использует все его «причуды» и особенности. Мягкий, серебристо-белый металл хорошо куется и прокатывается в тончайшие листы. Его можно вытягивать и в проволоку, толщиной менее 0,01 миллиметра.

Оказывается, самое идеальное зеркало не одинаково отражает окрашенные световые лучи. Потому-то отраженные в обычном зеркале цвета имеют несколько иной оттенок, чем на самом деле. А полированная пластина индия одинаково хорошо отражает все части спектра, все длины волн, что особенно важно для астрономических телескопов. Кроме того, зеркала из индия на серебряной подкладке не тускнеют, не портятся от ветра, морской воды, поэтому широко применяются в рефлекторах, прожекторах и других подобных устройствах. Они успешно послужили английской противовоздушной обороне в годы второй мировой войны. Даже лондонские густые туманы не были помехой для мощных лучей прожекторов, направляемых великолепными индиевыми рефлекторами.

Чистый индий плавится при 156 градусах, а его сплав со свинцом, висмутом, оловом и кадмием становится жидким уже при 46,5 градуса и часто служит «автоматическим контролером» в машинах и механизмах, предохраняя особо ответственные детали от перегрева.

Индий не только сам устойчив к действию едких щелочей и морской воды, незначительная добавка этого металла к медным сплавам резко повышает их сопротивление против коррозии. Например, обшивке подвод-



ной части корабля, сделанной из такого сплава, совсем не страшны морские соленые волны.

Современные шариковые и роликовые подшипники, применяемые в авиации, в автостроении, в мощных двигателях при сотнях и тысячах оборотов вала в минуту, должны быть особенно устойчивы к разъеданию смазочными маслами при повышенной температуре. Многие сплавы, даже самые твердые и самые прочные, не устраивали новую технику. Но вот ученые предложили наносить на поверхность подшипников тонкий слой индия.

При этом атомы индия не только плотно покрывают поверхность деталей, но и проникают в ее тело. Такие подшипники не разъедаются маслами, хорошо ими смазываются и долго служат.

Вот так, благодаря своим замечательным свойствам, еще один рассеяный элемент прочно завоевал себе место в промышленности. Этому не помешало ни то, что индий встречается лишь как спутник металлов в сульфидных цинковых и свинцово-цинковых рудах, ни то, что содержание его в рудах редко превышает 0,05 процента. Индий — металл сегодняшней техники, и нет сомнений в том, что впереди у него большое будущее.

Зеленая ветвь

Английский физик Вильям Крукс известен миру не только своими физическими исследованиями. Он был большим специалистом по спектроскопии и понимал, что этот прибор незаменим для отыскания новых элементов. С помощью спектроскопа ученый исследовал самые различные вещества: части трупов животных, золу различных растений и морскую воду.

Как-то ему довелось исследовать пыль с одного из химических заводов. Зацепив платиновой проволочкой крупинку шлама, он поместил ее в пламя горелки и приник к зрительной трубе спектроскопа. В разноцветном спектре полос, как в книге, Крукс свободно вычитывал элементы, входящие в состав шлама. И вдруг среди хорошо знакомых красных, синих, голубых линий появилась ярко-зеленая незнакомка. Цветом она напоминала сочную зелень весенней, только что распустившейся листвы. Сомнений быть не могло, — линия утверждала о присутствии неизвестного элемента. Его назвали таллием, что по-гречески означает «молодая зеленая ветвь».

Однако не так просто оказалось выделить таллий в чистом виде из шлама, в котором его не более 0,01 процента. Целый год потратили Крукс и французский химик Лами, чтобы после бесконечных операций растворения, выпаривания, кристаллизации получить всего лишь несколько граммов чистого таллия. Заполучив, наконец, кусочек металла, очень похожего по внешнему виду на свинец, ученые принялись исследовать его со всех сторон.

Вот, что они узнали. Таллий легко окисляется на воздухе. Его соли ядовиты, и этим он похож на ртуть. Некоторые из них применяются в медицине при лечении кожных заболеваний, для удаления волосяного покрова.

Очень часто таллий используют в сплавах с другими

металлами: он сообщает сплавам новые свойства. Так амальгама таллия (сплав с ртутью), содержащая всего 8,5 процента этого металла, плавится при минус 60 градусах и применяется в низкотемпературных термометрах. А сплавы таллия с оловом, индием и свинцом обладают при охлаждении свойством сверхпроводимости. Наконец, таллий делает сплавы устойчивыми к агрессивным средам. Так, сплав, в котором 10 процентов таллия, 20 процентов олова и 70 процентов свинца — не растворяется в минеральных кислотах, а потому очень удобен для изготовления электролизной аппаратуры.

Шагая по ночному городу, вы нередко любуетесь красочными буквами световых реклам, выполненных из стеклянных, причудливо изогнутых трубочек. Одни из них — красные, в них газ неон. А вот зеленый цвет принадлежит газосветным лампам, заполненными парами таллия.

Светочувствительная способность некоторых солей таллия дает возможность использовать их в фотографии. Причем, благодаря этим солям, фотографируют в абсолютной темноте, потому что таллий может «ловить» невидимые инфракрасные лучи.

Инфракрасная фотография — только начало использования таллия в оптике. Позже этому элементу суждено было сыграть роль искусственного глаза: на основе сернистого таллия советским ученым удалось сконструировать новый очень чувствительный фотоэлемент.

В сельском хозяйстве для уничтожения грызунов также используются ядовитые соли таллия.

Даже современные процессы обогащения минералов не обходятся без этого элемента. Один из способов разделения различных по удельному весу минералов основан на обработке их смеси тяжелыми жидкостями. При этом более легкий минерал всплывает, а тяжелый — оста-

ется на дне. Муравьиномалоновокислый таллий с удельным весом 4,2 и есть одна из таких жидкостей.

С каждым годом все больше перспектив открывается для применения элемента с поэтическим названием «зеленая ветвь». Об этом свидетельствует рост объема мирового производства редкого металла. Если в 1940 году добывалось всего 5 тонн таллия, а в 1954 году — 20 тонн, то в 1958 году его использовано более 4 тысяч тонн.

Родственник кремния

Трудно, пожалуй, найти более любопытную историю открытия, чем история германия, без которого невозможно было создание ни современных миниатюрных радиоприемников, ни умных вычислительных машин, ни космических генераторов энергии. Впервые об этом элементе, одном из спутников металлов, рассказал Д. И. Менделеев еще в 1870 году. Тогда он только что пришел к гениальной мысли о периодической зависимости свойств элементов от величины их атомного веса. Поясняя участникам заседания русского физико-химического общества строение своей периодической таблицы элементов, Менделеев заметил, что «наиболее интересным из недостающих металлов будет тот, который принадлежит к четвертой группе аналогов углерода, а именно к третьему ряду.

Это будет металл, следующий тотчас за кремнием, и потому назовем его «эка-силицием». Затем Менделеев очень подробно описал все химические и физические свойства не найденного еще элемента, более того, он указал, где, в обществе каких элементов его следует искать.

Прошло 16 лет. Весной 1886 года в Петербург на имя Дмитрия Ивановича Менделеева пришло письмо следующего содержания:

«Милостивый государь!

Разрешите мне при сем передать Вам оттиск сообщения, из которого следует, что мной обнаружен новый элемент «германий». Сначала я был того мнения, что этот элемент заполняет пробел между сурьмой и висмутом в Вашей замечательно проникновенно построенной периодической системе и что этот элемент совпадает с Вашей эка-сурьмой , но все указывает на то, что здесь мы имеем дело с эка-силицием.

Я надеюсь вскоре сообщить Вам более подробно об этом интересном веществе: сегодня я ограничиваюсь лишь тем, что уведомляю Вас о весьма вероятном новом триумфе Вашего гениального исследования и свидетельствую Вам свое почтение и глубокое уважение.

Преданный Клеменс Винклер
Фрейнберг, Саксония»

Именно в этом году немецкий ученый Винклер, анализируя довольно редкий минерал аргиродит, обнаружил, что в нем содержатся в основном серебро, сера и небольшие примеси железа, ртути, цинка. Однако ученого поразило, что процентное содержание найденных в минерале элементов упорно колебалось около 93 и никак не хотело доходить до 100 процентов. Что же представляли собой эти неуловимые 7 процентов? Ученый хорошо знал методы анализа всех известных к тому времени элементов, и потому ни один из них не должен был скрыться от глаз химика. А если предположить, что 7 процентов от общего состава принадлежат неизвестному еще элементу?

Слегка изменив схему анализа, Винклер выделил эти 7 процентов и доказал, что они являются новым элементом, который был назван в честь его родины — германием.

Изучая свойства новорожденного элемента и поражаясь чрезвычайной точности, с которой описал эти свойства для ближайшего аналога кремния Д. И. Менделеев, Винклер впоследствии с восторгом писал: «Если мы имеем в германии дело с замечательным самим по себе элементом, изучение которого доставляет великое наслаждение, то исследование его свойств составляет необыкновенно привлекательную задачу еще и в том отношении, что задача эта является как бы пробным камнем человеческой проницательности. Вряд ли может существовать более яркое доказательство справедливости учения о периодичности элементов, чем открытие до сих пор предположительного эка-силиция; оно составляет, конечно, более чем простое подтверждение теории, оно знаменует собой выдающееся расширение химического кругозора, великий шаг в области научного познания».

Так был открыт последний элемент, свойства которого особенно подробно предсказал Д. И. Менделеев. Для Менделеева это было лучшим подарком за его научные труды, а для науки — вкладом, окончательно утвердившим периодическую систему элементов, как наиболее широкое обобщение всех достижений естествознания, всех знаний по химии, накопленных человечеством за прошедшие столетия.

Однако «карьеру» свою молодой металл начал весьма неудачно. Долгое время не знали, что с ним делать. Причин для этого было много. Во-первых, элемент очень рассеян в земной коре. Даже в самой лучшей германиевой руде его не более 2—3 процентов. Но такие руды

крайне редки в природе. Металлу грозило вообще исчезнуть, если бы его не обнаружили сразу и в минеральных водах, и в золе каменных углей, и в пыли, получающейся при обжиге цинковых концентратов. И хотя ничтожно было содержание в них германия, химики научились извлекать даже следы этого металла благодаря чудесным помощникам — органическим поглотителям. Сконцентрировав таким образом элемент, его переводят в четыреххлористый германий — тяжелую летучую жидкость.

Эту жидкость после перегонки разлагают водой до окиси, которую затем восстанавливают водородом.

Итак, проблема сырья для германия как будто бы решена. Химики разработали вполне удовлетворительный метод получения металла. Но где его применять — долго было не ясно. Пытались даже использовать его в производстве оптического стекла в качестве заменителя кремнезема. И хотя окись германия повышала в стекле коэффициент преломления, плотность делала стекло способным пропускать инфракрасные лучи, задерживая ультрафиолетовые, все же это обходилось слишком дорого. Думали улучшить германием бронзы и магниевые сплавы, но опять-таки выяснилось, что проще, а главное, гораздо дешевле применять давно известные металлы.

Единственно, где использовался германий в то время, это в зубоврачебной технике и ювелирном деле. Оказалось, что сплав германия с золотом — неплохой припой. Он размягчается уже при 356 градусах и обладает свойством расширяться при затвердевании.

Так и основался новый металл «элементом красоты» до тех пор, пока ученые не разгадали его полупроводниковые свойства.

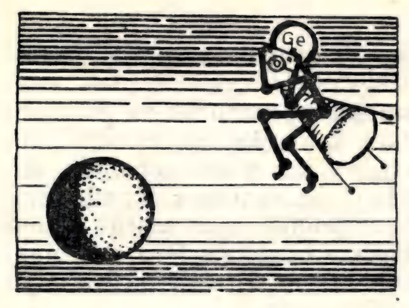
Король радиотехники

Как происходит передача электроэнергии на расстояние? Что такое электрический ток? На эти, ставшие теперь обычными вопросы, ответ готов у каждого. Да, конечно, во всем «виноват» поток мельчайших отрицательно заряженных частиц, электронов, носителей самой маленькой порции электрического заряда. Это они, вращаясь с бешеной скоростью вокруг положительного ядра атома, делают его электронейтральным.

У некоторых металлов внешние электроны слабо связаны с ядром, и достаточно небольшого электрического напряжения, чтобы эти электроны сорвались с места и начали перемещаться, создавая электрический ток. Такие металлы — проводники. Другие вещества, наоборот, обладают очень прочной связью электронов с ядрами и плохо проводят электрический ток. Это — изоляторы.

Но есть еще и такие металлы, которые меняют свою электропроводность в зависимости от воздействия тепловых лучей, света, рентгеновского и радиоактивного излучения. При одних условиях они ведут себя, как изоляторы, при других — как проводники. Такие удивительные свойства, свойства полупроводников, ученые открыли и у германия. Вот когда пришла всемирная слава к новому элементу. Перед ним открылись совершенно необычные перспективы. Он стал некоронованным королем радиотехники.

Кто сейчас не знает об удивительных радиоприемниках, помещающихся в спичечной коробке, но воспроизводящих ясный и чистый звук? Применению германиевых полупроводников мы обязаны замечательным снимкам лунной поверхности, переданным к нам космическим телевизионным устройством «Лунник-9».



В этих и многих других устройствах, как например, в вычислительных машинах, способных производить за секунду 7—8 тысяч различных арифметических действий, широко используются миниатюрные полупроводниковые радиоэлементы. Роль радиоламп в них играют тоненькие пластинки германия с крохотными усиками-контактами. Это транзисторы, которые гораздо прочнее и надежнее радиоламп. Они не лопаются при ударе, не бьются при падении, занимают во много раз меньше места, чем самая миниатюрная радиолампа. Современная радиоэлектроника, используя сверхминиатюрные пленочные сопротивления, индуктивности, емкости, полупроводниковые диоды и даже транзисторы, изготовленные на эластичных основаниях, добилась необычайной плотности компоновки радиодеталей. Таким способом можно упаковать в кубическом сантиметре до 200 различных элементов.

Преимущества подобных устройств очевидны. Не только портативность, но экономичность и долговечность — вот качества, отличающие современные полупроводниковые усилители и выпрямители. Благодаря им стало возможным создать радиоприемник, который не нуждается в дополнительном питании от аккумулятора или батарей.

В таком приемнике используется энергия самих радиоволн. Достаточно в микрофон громко приказать приемнику работать и этим сообщить ему начальное коли-

чество энергии, как затем он уже сам себе обеспечивает бесперебойную работу.

Приемники на полупроводниках нашли применение и в медицине. Например, чтобы определить заболевание желудочно-кишечного тракта, больному приходится не раз сдавать на анализ желудочный сок. Однако миниатюрная радиолаборатория может избавить больного от неприятных процедур, связанных с зондированием. Крошечная радиопилюля, по величине не более копеечной монеты, совершенно безболезненно позволяет получать самые точные данные о температуре, давлении, концентрации кислорода, кислотности, ферментной активности в различных участках желудка человека. Радиопилюля свободно путешествует по всем «закоулкам» желудочно-кишечного тракта и добросовестно, а главное объективно сообщает обо всём, что там происходит. Врач, наблюдая за изменениями всех параметров по сигналам радиостанции, находящейся внутри организма человека, получает наглядную картину состояния больного.

Мороз отапливает квартиру

«Чудеса» германиевых кристаллов этим не ограничиваются. Оказывается, они не только помогают нам знакомиться с новостями по радио, любоваться танцем любимой балерины на миниатюрном экране походного телевизора, они могут заставить солнечный свет двигать машины, отапливать наши квартиры холодом, управлять полетом космических кораблей.

Сколько энергии получает наша земля от солнца? Всего одну миллиардную часть энергии, которую оно излучает в мировое пространство. Но и это очень много.

Не один миллион лет придется работать всем электростанциям земного шара, чтобы выработать столько же энергии, сколько получает земля от нашего светила всего за один год. А как использовать эту энергию? Как заставить ее служить человеку?

Можно сфокусировать лучи солнца с помощью гигантских зеркал или линз и... «кипятить чайник». Правда, это слишком дорого, но не бесперспективно.

Удивительные кристаллы германия и здесь оказали неоценимую услугу. Батареи, составленные из тончайших пластин полупроводниковых металлов, под солнечными лучами становятся источником электрического тока. Набор таких батарей — настоящая электростанция. Представьте себе где-нибудь в жарком Узбекистане или в солнечной Грузии дом, крыша которого покрыта не железом, а вот такими пластинами. Энергии, снимаемой с крыши, вполне хватило бы для всех электробытовых приборов: пылесоса, радио и холодильника и для освещения.

Полупроводники, оказываются, могут не только тепло превращать в электричество. Они успешно охлаждают, потребляя при этом совсем немного электричества. В институте полупроводников Академии наук СССР в городе Ленинграде ученые создали на основе германия уникальные аппараты глубокого холода. Более того, они сконструировали необычный домашний холодильник без компрессора и без рефрежераторной жидкости.

Этот термоэлектрический прибор, срок службы которого почти неограничен, самый экономичный и самый дешевый. Замечательный образец бытовой техники будущего!

Можно ли греть холодом? Оказывается, можно. Если у вас есть специальный полупроводниковый нагреватель, включите его в цепь с маленькой электрической батарейкой. Один конец этого чуда-нагревателя выбросьте за

окно. Чем холоднее на улице, чем ниже температура холодного спая термоэлемента, тем теплее будет в квартире.

Ученые заметили, что при нагревании полупроводников резко увеличивается их электропроводность. Нельзя ли и это свойство использовать в технике? Да, оно пригодилось для измерения высоких температур. Стеклянная пластинка, на ней тончайший слой полупроводника, к которому с двух сторон прикреплены тоненькие проволочки. Их присоединяют к чувствительному гальванометру и электрической батарее. Электрометр или термистер готов к употреблению. Показание стрелки гальванометра соответствует измеряемой температуре. Чем выше температура, тем больше отклоняется стрелка гальванометра. Очень удобный и точный прибор, хороший помощник инженерам и техникам для контроля и автоматического регулирования температуры в самых недоступных точках любого технологического процесса.

Где только не обосновался этот вездесущий прибор! В сельском хозяйстве он следит за температурой внутри стога сена или в зернохранилищах и вовремя предупреждает о возможном самовозгорании. Агроному помогает определить время начала сева, метеорологам — температуру в заоблачных высотах, геологу — в недрах земли.

А медики с удовольствием пользуются специальной иглой — микротермистером, чтобы проследить за изменением температуры в любой точке человеческого тела. Представьте себе остро отточенный стальной карандаш, на конце которого устроился микроскопический полупроводниковый шарик. От него отходят две еле видимые простым глазом проволочки. По ним идет ток. Коснись этой иглой живой ткани — шарик мгновенно нагреется, и прибор покажет точную температуру непосредственно

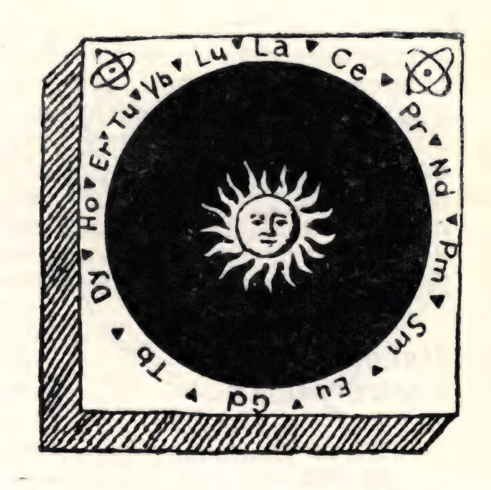
в пищеводе, в желудке, в сердце и даже внутри мельчайших кровеносных сосудов.

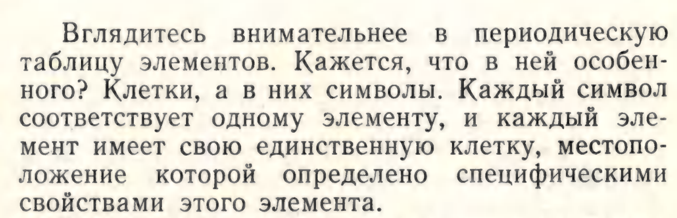
Много еще «чудес» таит в себе широко известный теперь металл германий. Но все эти свойства нового элемента открылись лишь после того, как ученые научились получать сверхчистый металл. Ведь германий обладает полупроводниковыми свойствами только тогда, когда в нем примесей других элементов не более одной стомиллионной доли процента! А эта величина настолько ничтожна, что ее просто трудно представить. В веществе такой чистоты один атом примесей приходится на десять миллиардов атомов основного вещества.

Не удивительно, что германий полупроводниковой чистоты стоит еще очень дорого. Однако, несмотря на это, он уже нашел широкое применение в новой технике. «Современная физика, — говорил советский академик А. Ф. Иоффе,— знает две области, от которых мы ждем наиболее крупных сдвигов в материальных условиях жизни,— это атомное ядро и полупроводники».

●

РЕДКО-ЗЕМЕЛЬНЫЙ КОНТИНЕНТ





Вглядитесь внимательнее в периодическую таблицу элементов. Кажется, что в ней особенного? Клетки, а в них символы. Каждый символ соответствует одному элементу, и каждый элемент имеет свою единственную клетку, местоположение которой определено специфическими свойствами этого элемента.

Как на географической карте нашей земли не ищи Австралию в северном полушарии, а Гренландию — в южном, так и в таблице Менделеева щелочные металлы находятся только в первом столбце, а инертные газы — в своей нулевой группе. Группы химических аналогов в таблице — настоящие континенты с одинаковым

«климатом» химических свойств. И уж тут нельзя путать галогены — фтор, хлор, бром, йод — с щелочно-земельными элементами — кальцием, стронцием, барием.

Подобно любознательным путешественникам, искателям приключений в незнакомых землях и странах, ученые-химики шаг за шагом раскрывали тайны загадочных кирпичиков мироздания. Но особенно много труда и энергии пришлось потратить тем, кто осмелился углубиться в дебри «редкоземельного континента».

Пятнадцать неразлучных

Еще их называют лантоноидами. Называют потому, что все они похожи на элемент с номером 57 — лантан, да и между собой они как две капли воды, вернее, как пятнадцать капель. Их удивительное химическое сходство доставило много хлопот.

Однажды, это было в 1787 году, раскапывая старые отвалы заброшенного карьера маленького местечка Иттерби, близ Стокгольма, известный шведский химик и минералог К. Аррениус обнаружил черный тяжелый камень, по внешнему виду напоминающий асфальт или уголь. Такого в коллекции ученого еще не было. Тогда Аррениусу, конечно, было невдомек, что спустя несколько лет из этого минерала, как из рога изобилия, «посыплются» новые «редкие земли». «Землями» в то время называли окислы, которые в чистом виде не встречаются в природе.

В 1794 году образец нового минерала, названного вначале иттербитом, попал в руки финского химика Гадолина. Ученый после тщательного химического анализа минерала обнаружил в нем известь, окислы железа,

магния и кремния, а также довольно много примеси, напоминающей одновременно и окись алюминия, и окись кальция. Это открытие новой «земли» в минерале спустя три года было подтверждено профессором химии Упсальского университета в Швеции А. Экебергом. Он-то и назвал новую «землю» иттриевой, а минерал предложил именовать гадолинитом. Одно не устраивало ученых. Не могли они согласиться друг с другом о количественном содержании незнакомого вещества в минерале. Их спор не разрешили ни француз Вокелен, ни немец Клапрот. Каждый получал свой, отличный от другого результат.



Лишь через десять лет, когда знаменитый Берцелиус обнаружил в минерале тунгстене вместо ожидаемой «иттриевой земли» очень похожую на нее цериевую, стало ясно, что спорщики имели дело не с одной «землей», а с несколькими.

Много восторгов и разочарований пришлось пережить химикам, прежде чем, наконец, было выяснено общее число элементов, причастных к редкоземельным. Более ста лет потребовалось, чтобы разобраться с этим дружным семейством и, отбросив «море ошибок» и ложных открытий, твердо установить между барием и гафнием в шестом периоде таблицы Менделеева пятнадцать элементов-близнецов. Вот они: лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний,

тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий и лютеций.

Но вот беда, все пятнадцать жителей претендуют на одно и то же место в таблице, сразу же за барием. Неслыханный случай! До сих пор каждый элемент селился в собственной клеточке, а тут пятнадцать. Где их разместить?

Пробовали распределить «трудные» элементы по другим группам. Помещали церий в четвертую группу, празеодим — в пятую, неодим — в шестую. Но каждый раз эти элементы чувствовали себя чужаками на новых местах. Церий совсем не походил на цирконий, а у празеодима и неодима ничего общего не было с ниобием и молибденом.

В конце концов было предложено выделить редкоземельные элементы в отдельную группу и называть ее «областью химических астероидов». Подобно тому, как в солнечной системе целая группа астероидов занимает орбиту, по которой смогла бы двигаться одна планета, так и группа элементов «редких земель» способна занять в периодической системе одно место, на котором в другом случае стоит один элемент. Конечно, в этом сравнении гораздо больше образности, чем четкого смысла. Гипотеза «химических астероидов» оставалась бездоказательной. Да и как можно ее объяснить, когда химики не знали, в чем причина столь удивительного сходства лантоноидов.

А все объяснялось очень просто — строением атомов редких земель. Оно оказалось весьма своеобразным. Если у обычных элементов при увеличении порядкового номера на единицу электрон, нейтрализующий положительный заряд ядра, появляется во внешней валентной оболочке, то у редкоземельных элементов он, подчиняясь строгим законам физики, просачивается в третью

от поверхности оболочку. Ему там удобнее. Там он менее возбужден и может спокойно вращаться вокруг ядра, не участвуя в химических реакциях и тем самым не оказывая существенного влияния на химические свойства элемента. За них отвечают лишь внешние валентные электроны.

И всего на этот электронный, четвертый по счету слой по закону физики, можно посадить только четырнадцать электронов. А это значит, что лантаноидов не может быть более пятнадцати, и что все они из-за своих одинаковых внешних валентных электронных оболочек чрезвычайно похожи друг на друга «характерами». Вот, оказывается, почему эти близнецы так дружны и свободно уживаются в одной-единственной клеточке.

Между тем, загадки «редкоземельного континента» продолжали волновать ученых. В дружном семействе вдруг стали появляться элементы со странной своеобразной «чертой характера». Обычно все редкоземельные элементы трехвалентны, поэтому помещаются они в третьей группе таблицы Менделеева. Однако, как говорят, «в семье не без урода». Церий, празеодим, тербий и диспрозий, кроме своей основной степени окисления, способны находиться в четырехвалентном состоянии, а самарий, европий, тулий и иттербий — в двухвалентном. Более того, чередование аномальных (отличных от трех) валентностей в ряду редких земель подчиняется строгой периодичности, образуя как бы малую периодическую систему в таблице Менделеева. Причем роль «инертных газов» в этой системе выполняют трехзарядные ионы лантана, гадолиния и лютеция. Стремясь приобрести электронную структуру ближайшего «инертного» иона, церий и празеодим довольно легко отдают свой четвертый электрон и образуют устойчивые четырехвалентные химические соединения. По той же причине самарий и

европий не прочь присоединить по электрону и тем самым доказать свою принадлежность к аналогам щелочноземельных элементов. Вот так в который раз замечательное открытие физиками строения материи помогло объяснить очередную, казалось бы, неразрешимую загадку природы.

Дружное семейство редких земель! Они неразлучны не только в периодической таблице элементов, но и в природе. Однако химиков эта трогательная дружба близнецов почему-то не умиляла. Наоборот, доставила им немало горестных минут. Тысячи, десятки тысяч операций растворения и кристаллизаций необходимы были для того, чтобы отделить один элемент от другого. Около 10 лет однообразной работы потребовалось французскому энтузиасту Ж. Урбэну, чтобы получить чистую окись тулия.

Редкоземельные металлы были исключительно дороги, гораздо дороже золота. Когда в 1900 году на Всемирной выставке в Париже демонстрировались небольшие, отливающие тусклым блеском слитки металлов лантана и церия, специалисты, рассматривавшие их, не смогли сдержать свое восхищение.

В то время химики не знали, пожалуй, более трудной задачи, чем выделить из руд, разделить и получить в свободном виде редкоземельные металлы.

Так всегда бывает. Если технология получения ценного элемента сложна и отнимает слишком много времени, значит, она несовершенна, значит, ее следует упростить.

И вот на смену старым методам получения редких земель пришли новые, совсем необычные.

Разрешила сложнейшую задачу по разделению элементов-близнецов ионообменная хроматография. Оказывается, чудесные молекулярные сита — ионообменные

смолы, приготовленные из специальных полимерных органических веществ,— образуют с редкоземельными элементами соединения с разной степенью прочности. Они-то и помогают разобраться химикам в путанице элементов.

Раствор редких земель пропускают через специальные колонки с затвердевшими шариками смолы, на поверхности которых и задерживаются все элементы. Когда ионообменная масса насыщается, а это хорошо видно по концентрации редких земель в растворе на выходе из колонки, приступают к последовательному вымыванию элементов.

Вымывающий раствор, обычно это кислота различной концентрации, уносит сначала те элементы, которые слабее связаны со смолами. Вот так, постепенно, вся смесь довольно четко разделяется на составляющие группы и в конце концов получают чистые редкоземельные препараты, из которых производят металлы редких земель. Конечно, стоимость редкоземельных элементов еще высока, тем не менее элементы-близнецы получили в современной технике широкое признание.

„Северный полюс" в пробирке

Впервые заинтересовались производством «редких земель» около 80 лет назад, когда австрийский химик Ауэр фон Вельсбах открыл способность некоторых окислов редкоземельных элементов ярко светиться в газовом пламени. Этот весьма деловой человек организовал производство газокалильных сеток и колпачков для уличных осветительных фонарей. Знаменитые «ауэровские колпачки» долго удивляли жителей Лондона и

Парижа, заливая их улицы и площади необычайно ярким светом. Так, пожалуй, впервые двуокись церия в смеси с окисью тория нашла свое практическое применение.

А несколько позже предприимчивый Ауэр фон Вельсбах случайно получил сплав церия с железом, обладающий пирофорными свойствами. Этот сплав и до сих пор используется в быту. Производство обыкновенных кремней для зажигалок долгое время составляло основную область применения редкоземельных элементов.

Но вот на арену жизни выступили новые металлы из семьи редкоземельных элементов. Все они отличались высокой химической активностью. И та легкость, с которой они вступали в реакцию с серой, азотом, кислородом и фосфором, понравилась металлургам. Сплавы, содержащие всего лишь десятые доли процента мишметалла (смесь редкоземельных металлов), приобретали дополнительную жаропрочность, пластичность и повышенную стойкость против коррозии. Даже скрупулезные экономисты, которых всегда беспокоила высокая стоимость нового «витамина», были вполне удовлетворены эффектом редкоземельных элементов при выплавке сталей.

Высокая химическая активность редкоземельных металлов, особенно по отношению к кислороду, оказалась очень полезной во многих восстановительных процессах. В этом особенно хорошо себя зарекомендовали лантан и церий. С их помощью можно без особого труда получить многие довольно чистые металлы.

Широко известный в авиационной промышленности магниевый сплав вполне удовлетворил бы авиаконструкторов. Он и легок, и достаточно прочен, но уж очень боится перегрева. Его температурный барьер не превы-

шает 150 градусов. И тут-то небольшая добавка церия и празеодима (всего около трех процентов) приводит к резкому увеличению жаропрочности сплава, которая еще более возрастает, если использовать неодим. Теперь-то уж скоростному самолету из нового сплава не страшна высокая температура, развивающаяся от трения о воздух.

Поэтому сплавы, «усиленные» редкоземельными металлами, обладающие к тому же великолепными литейными качествами, незаменимы в реактивной и авиационной технике.

С легкой руки Ауэра фон Вельсбаха редкоземельные элементы до сих пор пользуются широкой известностью в производстве керамики, специальной глазури и оптических стекол. Причем применяются как смеси окислов, так и индивидуальные окислы редкоземельных элементов. Они сообщают стеклам самую разнообразную окраску, придают им высокую прозрачность, не позволяя желтеть и мутнеть под действием ультрафиолетовых лучей солнца и даже рентгеновского или гамма-излучения. А специальные оптические стекла с большим показателем преломления оказались просто незаменимыми для астрономических и спектроскопических приборов.

Давно известны абразивные свойства окиси церия. С ее помощью производится полировка стекол. Кстати, в производстве полирующих смесей редкоземельные элементы до сих пор не имеют себе соперников.

Трудно представить современную электро-, радио- и вакуумную технику без редкоземельных элементов. Их окислы и фториды обеспечивают чрезвычайную яркость свечения, приближающуюся к солнечной, угольным электродам дуговых электроламп. Вот почему зенитные прожекторы, снабженные таким источником света, при-

водили в исступление фашистских асов во время второй мировой войны.

Благодаря этим же электродам получается яркое и четкое изображение на киноэкранах во время демонстрации фильма.

А вот еще одно удивительное применение редкоземельного элемента! Сульфат и хлорид гадолиния обладают сильными парамагнитными свойствами. Если их поместить в хорошо изолированное пространство, наполненное гелием, и подвести магнитное поле, то соль нагреется и нагреет окружающий ее газ. После отключения магнитного поля разогретый газ откачивается, вследствие чего система охлаждается до температуры, ниже начальной.

Повторяя этот цикл многократно, можно достигнуть температуры, лишь на две десятитысячных градуса превышающей абсолютный нуль.

Успехи ядерной физики, синтез новых элементов, освоение термоядерной энергии, получение многочисленных радиоизотопов — необычайно раздвинули рамки применения редкоземельных элементов.

Европий и гадолиний — центральные элементы в ряду лантоноидов привлекают «жадностью», с которой они поглощают нейтроны, что очень важно для автоматического управления ядерной реакцией, скорость которой зависит от количества свободных нейтронов. Роль «тормозов» атомных процессов выполняют специальные регулирующие стержни, изготовленные из металлов с большим поперечным сечением захвата нейтронов. Сплав нержавеющей стали с гадолинием оказался более чем в 20 раз эффективнее используемого для этих целей кадмия. Преимущества нового конструкционного материала совершенно очевидны, особенно при создании небольших энергетических установок.

Рентгеновский аппарат в портфеле

Каждому запомнился рентгеновский кабинет с его таинственным, мерцающим экраном, хитроумными сплетениями проводов, внушительными лампами. Целая лаборатория. Такую не вдруг-то перевезешь с места на место. Поэтому часто приходится даже тяжелобольных, подвергая опасности, транспортировать за десятки и сотни километров, чтобы произвести рентгеноскопию.

Между тем, как удобны были бы легкие и компактные рентгеновские установки, особенно в полевых условиях.

Вот тут-то на помощь приходит радиоактивный изотоп редкоземельного элемента тулия. Он обладает мягким гамма-излучением, очень похожим на рентгеновское, и может быть использован как источник лучей для просвечивания.

Чудесный аппарат устроен удивительно просто: стальная трубка с препаратом тулия, помещенная в защитный свинцовый кожух, да маленькое плексигласовое окошечко, через которое лучи фокусируются на экран. И все. Он не зависит от источника тока, весит всего лишь 3 килограмма, прост и экономичен в эксплуатации.

Отработанные заряды тулия после повторного облучения нейтронами вновь можно использовать. А если учесть, что подобный аппарат успешно применяется и как дефектоскоп для определения трещин и пустот в металлических изделиях, то можно не сомневаться в перспективах этого чудо-элемента.

Человеку — новое сердце

Усилия многих ученых направлены не только на то, чтобы познать тайны непревзойденного естественного насоса и при необходимости «отремонтировать» его, но и на попытки заменить сердце биологическим и даже искусственным протезом. И здесь, как нигде, фантазия тесно переплетается с реальностью.

Ведь в этом необычном искусственном «сооружении» должны совместиться замыслы инженеров и медиков, биологов и химиков, физиков и энергетиков. Сейчас искусственное сердце далеко не фантазия. Некоторые из существующих моделей довольно успешно выполняли свою сложнейшую функцию у подопытных животных и даже у человека в течение нескольких десятков часов. Трудность № 1, с которой постоянно сталкиваются ученые,— это поиски подходящего источника энергии, при помощи которого искусственное сердце должно приводиться в движение.

Все известные до сих пор генераторы, к сожалению, далеко не эффективны, слишком громоздки и недолговечны. Килограммовой батареи едва хватило бы для питания искусственного сердца в течение часа. Необходим небольшой, но достаточно мощный генератор, способный бесперебойно питать энергией искусственное сердце в течение длительного времени.

Один из элементов-близнецов под номером 61 — прометий — может оказать неоценимую услугу в разрешении этой проблемы. На основе радиоизотопа прометия-147, полученного искусственным путем в ядерных реакторах, созданы и успешно работают атомные батарейки.

Эти генераторы энергии удивляют своими миниа-

тюрными размерами. Диск по величине не более шляпки канцелярской кнопки безотказно трансформирует электрический ток, развивая мощность 20 микроватт при напряжении в один вольт. Как знать, быть может, в недалеком будущем вот такой хорошо экранированный маленький атомный источник энергии сможет приводить в действие искусственное сердце, не знающее ни усталости, ни болезни.

●

Таков далеко не полный перечень возможностей, открывшихся перед наукой и техникой благодаря необыкновенному семейству редкоземельных элементов. И нет сомнения в том, что не раз еще удивят свет обитатели редкоземельного континента своими качествами. Впрочем то, что они редкие, нужно еще проверить.

Действительно, не так много лантоноидов в земной коре. По распространенности среди химических элементов они занимают 25-е место. Зато они часто встречаются. В современных минералогических справочниках подробно описано более 60 различных разновидностей минералов «редких земель». А сколько горных пород содержат их в качестве примесей? Видно, близнецы — большие непоседы и любят разнообразное общество.

Список редкоземельных минералов постоянно пополняется. Считалось, например, что богатейшее месторождение хибинских апатитов и суперфосфатов является лишь ценнейшим сырьем для сельскохозяйственных удобрений, а в них найдено около трех процентов редких земель. Совсем недавно советскому геологу А. Степанову удалось открыть новый редкоземельный минерал, который он назвал гагаринитом.

В земных рудах и минералах редкоземельных элементов в 10 раз больше, чем свинца; в 320 раз больше, чем сурьмы; в 1600 раз больше, чем серебра; в 2500 раз больше, чем ртути, и в 30 000 раз больше, чем золота! Даже самого редкого из всех — европия — в земле гораздо больше, чем ртути, серебра и золота, вместе взятых. Видимо, количественная характеристика редкоземельных элементов устарела. Настало время, когда поиному следует относиться к недавним музейным экспонатам. Своими земными, да и космическими делами они вполне заслужили всеобщее признание и уважение как очень полезные и нужные металлы.

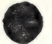
●

ТАИНСТВЕННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ





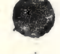
Прошло немногим более 70 лет со дня величайшего в истории науки открытия, явившегося началом настоящей революции в представлениях об окружающем мире. Необычайное, загадочное свойство некоторых элементов испускать лучи развеяло не подвергавшиеся до тех пор сомнению положения о неделимости атомов, об их устойчивости и неизменной простоте.







Явление радиоактивности позволило проникнуть в «тайны» атома и доказать чрезвычайную сложность структуры этого «кирпичика» материального мира. Не только электрон и положительно заряженное ядро открылись перед изумленными исследователями, им пришлось заполнять не





одну страницу, описывая еще более таинственные элементарные частицы. Автор этого замечательного открытия, скромный французский ученый Анри Беккерель не мог предположить и сотой доли тех грандиозных последствий, «виновником» которых он оказался.

Случилось это солнечным утром 1 марта 1896 года. Несколько дней Анри Беккерель с нетерпением дожидался погожего дня, чтобы еще раз убедиться в том, что соль урана после облучения ярким светом сама начинает светиться в темноте.

Явление фосфоресценции (холодное свечение некоторых химических соединений) очень заинтересовало Анри Беккереля. А тут, как назло, начались дожди, и опыты пришлось отложить. Фотопластины, которые использовались для наблюдения видимой фосфоресценции, были убраны в шкаф. Туда же был положен и кристалл соли урана, предназначенный для очередного исследования.

Каково же было удивление ученого, когда через несколько дней, вернувшись к опытам, он обнаружил на фотопластине при контрольном проявлении темное пятно, точно повторяющее форму кристалла урановой соли. Но ведь пластина была плотно завернута в светонепроницаемую бумагу и все время находилась в полной темноте! Может быть, это случайное совпадение или фотопластина попалась низкого качества?

Беккерель повторил опыт, усложнив его тем, что между солью урана и фотопластинкой положил узорчатую металлическую сетку. Проявив пластинку, он обнаружил на ней четкое изображение сетки, как будто ее сфотографировали с помощью каких-то таинственных лучей, которые, подобно рентгеновским, свободно проходили через черную бумагу и оставляли следы на светочувствительной фотопластинке.

Источником чудо-лучей был, по-видимому, уран, так как эффект этот не зависел от химической природы и состава соли. И, главное, свойство урана испускать таинственные лучи оставалось одинаково неизменным и при сильном нагревании, и при охлаждении вплоть до температуры жидкого водорода. На него не влияло ни сверхвысокое давление, ни глубокий вакуум.

Урановые лучи действовали не только на фотопластинку. Они, подобно электрическому заряду, вызывали образование озона из кислорода воздуха, и при этом делали окружающее пространство электропроводным. Эти лучи губительно действовали на живые клетки организма. И первым это почувствовал сам Беккерель, когда однажды, чтобы продемонстрировать свой опыт студентам, он положил пробирку с излучающим веществом в карман жилета. Там она оставалась не более двух часов. Однако этого оказалось достаточно, чтобы на теле образовалась долго не заживающая язва. Загадочные лучи оказались к тому же очень коварными! И тем не менее открытие радиоактивности урана, несомненно, послужило быстрейшему развитию исследований как самих лучей, так и веществ, дающих начало этим лучам.

Еще один радиоактивный!

Изучая необыкновенные свойства урана и его соединений, ученые обратили внимание на различную интенсивность излучения. Производя исследования урановой руды из Богемии, известной под названием смоляной обманки, Беккерель обнаружил, что от нее фотопластинка темнеет гораздо сильнее, чем от любой чистой соли

урана. И даже металл не действует так, как руда, в которой он содержится в виде смешанного окисла.

Этот факт оказал решающее влияние на дальнейший ход событий, которые привели сразу к двум замечательным открытиям. Связаны они были с именами выдающихся ученых, беззаветно преданных науке, супругов Пьера Кюри и Марии Склодовской-Кюри. Анализируя имевшиеся к тому времени сведения об уране, активность различных его соединений и рудных концентратов, они предположили, что в смоляной руде, активность которой примерно в 2,5 раза выше активности чистого урана, имеется по крайней мере еще один радиоактивный элемент.

Разрешить эту гениальную догадку помог прибор электрометр, сконструированный Пьером Кюри. Используя ионизирующее действие «урановых» лучей, в результате которого воздух становится проводником электричества, можно было проследить за интенсивностью лучей, пролетающих между двумя заряженными пластинами. Чем быстрее пластины теряют свой электрический заряд, тем сильнее активность измеряемого продукта.

Итак, смелое предположение требовало проверки. Нужны были факты. И супруги с энтузиазмом и энергией принялись за опыты над смоляной рудой.

«Особенно важен был вопрос о помещении,— вспоминала М. Склодовская-Кюри.— Мы не знали, где нам можно вести химическую переработку такого большого количества руды. Пришлось организовать ее в заброшенном сарае, отделенном двором от мастерской, где находился наш электрометрический прибор. Это был барак из досок, с асфальтовым полом и стеклянной крышей, плохо защищавший от дождя, без всяких приспособлений; в нем были только старые деревянные столы, чугунная печь, не дававшая достаточно тепла, и классная

доска, которой так любил пользоваться Пьер. Там не было вытяжных шкафов для опытов с вредными газами, поэтому приходилось делать эти операции на дворе, когда позволяла погода, или же в помещении при открытых окнах».

В таких невероятно трудных условиях, рассчитывая только на собственные руки, совершали супруги Кюри свой величайший научный подвиг. В течение двух лет они занимались химической обработкой руды, получая все более и более радиоактивные продукты. Наконец им удалось получить вещество, активность которого более чем в 300 раз превышала активность урана. Подвергнув новое вещество различным испытаниям, супруги убедились, что они являются обладателями еще неизвестного элемента. В честь своей родины Польши Мария Склодовская-Кюри назвала его полонием. И этим еще раз подтвердилась справедливость периодического закона, на основе которого Д. И. Менделеев за 28 лет до замечательного открытия предсказал существование 84-го элемента в природе.

В процессе опытов ученые заметили, что интенсивность излучения некоторых продуктов химической переработки урановой руды была необычайно велика. Это укрепляло ранее высказанную М. Склодовской-Кюри мысль о наличии еще одного радиоактивного химического элемента — источника этих лучей.

Снова за работу! Снова титанический труд прежде, чем супруги добиваются новой победы. Они получили всего лишь около одной десятой грамма соли таинственного элемента, радиоактивность которого оказалась в миллион раз больше, чем у урана. Вот за такую необычайную способность к лучеиспусканию этот элемент назвали радием. И хотя по внешнему виду он совсем не отличается от большинства серебристо-белых металлов,

чрезвычайно высокая активность резко выделяла новый элемент из ряда ему подобных.

Соли радия ярко светятся в темноте и непрерывно выделяют тепло. Подсчитано, что из одного грамма радия можно получить столько же тепла, сколько его выделится при сгорании 250 килограммов угля.

Новый элемент безжалостно поражал живые клетки, вызывая сильные ожоги. Однажды Пьер Кюри привязал ампулу с солью этого элемента к руке и вскоре убедился в способности вещества оставлять на коже долго не заживающие язвы.

Оказывается, не только здоровые ткани разрушаются от действия лучей, испускаемых радием. Радиотерапия злокачественных опухолей и некоторых кожных заболеваний до сих пор считается одним из самых эффективных средств для успешной борьбы с коварной болезнью — раком. Поэтому-то, несмотря на очень ограниченные земные запасы 88-го элемента (в природе его всего лишь $8 \cdot 10^{-12}$ процента), добыча радия сразу же была поставлена на промышленные рельсы. Но какой ценой! Для того чтобы получить только грамм радия, нужно было переработать не один десяток тонн урановой руды, израсходовав при этом 500 тонн реактивов, 10 000 тонн угля и более 10 000 тонн дистиллированной воды! Не удивительно, что в 1912 году этот грамм стоил ни много ни мало, а 510 тысяч золотых рублей.

Крошечный богатырь

Почти полуторавековая история урана, одного из самых тяжелых элементов в природе, знаменовалась периодическими спадами и подъемами интереса к это-

му элементу. И, действительно, лишь немногим более тридцати лет назад даже в самых солидных учебниках по химии утверждалось, что урановые препараты находят весьма ограниченное применение и что получение чистого металла не имеет никакого практического значения.

Использование некоторых соединений урана в качестве красителей для фарфоро-фаянсовых изделий и в цветной фотографии, разумеется, не могло послужить сколько-нибудь существенным стимулом к расширению производства урана. И даже после открытия радия в отбросах урановой руды с ним продолжали обращаться, лишь как с досадным компаньоном «чудесного» металла-излучателя.

До начала 40-х годов XX столетия большая часть ученых физиков хотя и признавала радиоактивный распад некоторых элементов, однако считала, что практическое использование выделяемой при этом энергии невозможно из-за больших энергетических затрат на ядерные превращения. Пожалуй, только один из крупных ученых — француз Фредерик Жолио-Кюри — придерживался другого мнения. Он полагал, что осуществление цепной ядерной реакции приведет к освобождению внутриатомной энергии, которая рано или поздно приобретет все-таки практический смысл.



В самом конце 1938 года немецкие ученые обнаружили неожиданное явление — деление атомов урана под действием элементарных ядерных

частиц — нейтронов. Немного позже, в начале 1939 года, советские физики К. А. Петржак и Г. Н. Флеров сделали новое открытие. Они установили, что атомы урана даже без предварительного облучения нейтронами склонны к спонтанному (самопроизвольному) взрыву своего ядра и что этот взрыв идет с выделением колоссального количества тепловой энергии, при которой один грамм ядер урана оказался эквивалентным 20 тоннам обычного взрывчатого вещества.

Так 1939 год оказался решающим в судьбе элемента, носящего имя бога неба. Интерес к урану сразу же необычно вырос. Среди физиков и химиков всего мира, занимавшихся изучением ядерных реакций, началась буквально атомная лихорадка. Работы следовали одна за другой, как из рога изобилия. Когда было доказано, что деление ядра урана сопровождается вылетом не одного, а целых трех нейтронов, способных вызывать дальнейшее деление ядер, стала очевидной возможность осуществления цепной, самоподдерживающейся ядерной реакции.

Все эти волнующие открытия науки происходили в мрачные дни, когда германский фашизм, шаг за шагом развивая агрессию, готовился ввергнуть народы в пучину второй мировой войны.

Урановая проблема, захватившая умы эмигрировавших в США величайших физиков-теоретиков мира А. Эйнштейна, Э. Ферми, Э. Сегре и Л. Сцилларда, приобрела стратегическую важность. Работы по ядерной физике стали исчезать из научных журналов. Начал действовать режим секретности. По исчезнувшим со страниц журналов фамилиям ученых — физиков, химиков, металлургов, математиков — можно было уже судить о тайной научной работе в области военного применения атомной энергии.

Советские физики понимали значение этой проблемы, и ряд выполненных нашими учеными теоретических и экспериментальных работ позволили Игорю Васильевичу Курчатову весной 1939 года поставить вопрос о возможном военном значении исследований по делению урана и необходимости их быстрейшего развития.

Дело в том, что уран имеет несколько изотопов, которые в различной степени способны к делению под действием нейтронов. Наиболее подходящий для цепной реакции — уран-235. Распад каждого атома этого изотопа сопровождается выделением нескольких атомов более легких элементов и двух-трех нейтронов, которые, попадая в ядра соседних атомов урана, вызывают такое же деление. Благодаря этому мгновенно протекающему лавинообразному процессу, и выделяется то огромное количество энергии, которую принято называть атомной, а происходящее при этом явление — атомным взрывом.

Кажущаяся простота описанного процесса, конечно, не отражает всех необычайных трудностей практического решения задачи. Взять хотя бы проблему выделения «горючего» урана. Его всего 0,716 процента в природной смеси изотопов. Чтобы из килограмма чистого урана получить немногим более семи граммов нужного изотопа, необходимо было построить громадные корпуса заводов со сложнейшей аппаратурой для осуществления очень длительного и «деликатнейшего» диффузионного способа разделения изотопов газообразного шестифтористого урана.

Но, как говорят, игра стоила свеч. Итогом напряженного труда явилось не только создание атомной бомбы, повлекшей за собой трагедию Хиросимы, но и замечательные перспективы мирного использования энергии атома. Это в нашей стране, под Москвой, была открыта



первая в мире атомная электростанция, а вслед за ней построены Ново-Воронежская, Белоярская и другие крупные электростанции, где силы мирного атома, превращаясь в свет и тепло, несут благо и радость людям. Это у нас атомный гигант — ледокол «Ленин», загрузив 85 килограммов уранового топлива, способен в течение трех лет бороздить льды Северного Ледовитого океана, не заходя в порт на «заправку».

Правда, сейчас мы вступили лишь в «первобытный период атомного века». При использовании ядерных превращений с освобождением энергии мы получаем ничтожную долю, не более 0,1 процента от всей энергии, заключенной в атомном ядре. Предстоит еще много потрудиться, чтобы освободить и использовать энергию этого крошечного богатыря.

Мечта алхимиков осуществилась

Радиоактивные элементы служат не только для получения атомной энергии, но и для превращения химических элементов, для получения совершенно новых веществ. Поэтому-то после «сгорания» части ядерного топлива — плутония или урана — тепловыделяющие элементы удаляют из реактора и перерабатывают на специальных радиохимических заводах, где из них извлекают

неразложившийся уран, плутоний и некоторые ценные элементы, так называемые радиоактивные осколки. Среди них оказываются такие, которых не отыщешь в земной коре. Из-за своей неустойчивости они давным-давно исчезли, превратились в результате радиоактивного распада в атомы других элементов.

Долгое время не давал покоя ученым отсутствующий в таблице Менделеева 43-й элемент — эка-марганец. В поисках этого таинственного незнакомца были тщательно проанализированы все возможные и невозможные минералы. Однако безрезультатно: 43-я клетка оставалась свободной. Одна надежда, что исчезнувший, по-видимому, с лица земли элемент можно возродить искусственно. К этому времени для ученых, «овладевших» наконец «философским камнем», проблема превращения химических элементов перестала быть только теорией, она «переселилась» в лаборатории.

Оказывается, достаточно изменить заряд ядра, чтобы получить атом другого элемента. Делают это очень быстрые и маленькие «снаряды» альфа-частицы (ядра атомов гелия) и электроны. Благодаря своей подвижности и большой энергии они проникают в ядро, преодолевая «сопротивление» электронных оболочек атома и положительное поле самого ядра. Каждая альфа-частица увеличивает массу ядра на 4, а его заряд на 2 единицы, отрицательно же заряженная бета-частица изменяет на единицу только заряд ядра, так как сама она не обладает сколько-нибудь заметной массой.

В руках ученых, таким образом, оказалась необыкновенная «артиллерия», с помощью которой можно было не разрушать, а создавать новые элементы или превращать одни вещества в другие.

Сбылась, наконец, мечта древних алхимиков. Современная радиохимия доказала возможность превраще-

ния некоторых неблагородных металлов в золото. Вот список несомненно правильных рецептов для современного алхимика. «Если заставить таллий отдать одну альфа-частицу, в результате получится изотоп золота. Правда, его атомный вес и плотность будет немного больше, но в остальном его не отличишь от обычного, природного благородного металла. А если вдруг висмут испустит две альфа-частицы, или свинец альфа- и бета-частицу, то продуктом будет опять-таки золото».

Следует заметить, однако, что такое решение многовековой проблемы алхимиков имеет лишь научный интерес. Ни о каком практическом использовании этих рецептов для получения искусственного золота не может быть и речи. Из-за малой вероятности описываемых ядерных превращений трудно получить благородный металл в сколько-нибудь значительном количестве. Зато с помощью подобных реакций оказался возможным синтез недостающего 43-го элемента. Труднейшая задача была решена в стенах калифорнийского университета города Беркли при участии американского физика Лоуренса. В течение нескольких месяцев молибденовую мишень «обстреливали» ядрами тяжелого изотопа водорода. Но как доказать, что в молибдене среди атомов различных примесей затерялось несколько десятков ядер нового элемента?

И вот «обстрелянная» молибденовая пластинка пересекла Атлантический океан, чтобы попасть к известным физикам К. Перье и Э. Серге из итальянского городка Палермо. Молодые ученые с большим энтузиазмом принялись за выполнение этой необыкновенно трудной задачи, которая усложнялась еще и тем, что в пластинке, помимо разыскиваемого эка-марганца, период полураспада которого составлял всего лишь несколько десятков дней, образовалось множество радиоактив-

ных изотопов других элементов.



Итальянские ученые блестяще справились с поставленной задачей. В результате сложных химических операций они выделили долго живущий изотоп, свойства которого очень напоминали свойства рения. Это и был элемент с атомным номером 43. Так весной 1937 года появился на свет первый искусственно полученный человеком элемент, символично названный авторами открытия — технецием.

Это действительно было блестящее достижение, ведь как выяснилось позже, ученым пришлось работать буквально с невесомым количеством нового элемента. В их распоряжении было не более 10^{-10} грамма первого искусственного металла.

А спустя два десятилетия, на современных фабриках изотопов этот искусственный элемент стал производиться десятками килограммов. Оказывается, при работе ядерных реакторов среди осколков деления урана-235 на долю технеция приходится более 6 процентов. Это позволяет говорить об его промышленном использовании в разрешении одной из важнейших проблем человечества. Речь идет о борьбе с ржавлением, или коррозией металлов! Десятки миллионов тонн самых разнообразных металлических конструкций, покрытых ржавчиной, ежегодно приходится списывать в металлолом, что составляет почти треть современного металлургического производства.

Для предохранения железа и малоуглеродистых ста-

лей от ржавления, достаточно обработать изделия из них раствором, содержащим всего лишь 10^{-5} процента технеция. При этом защитные свойства от коррозии сохраняются вплоть до 250 градусов.

Безусловный интерес представляет применение некоторых радиоактивных изотопов технеция в медицине. Исследования биологических действий элементов-излучателей с помощью технеция не представляют большой опасности, так как этот элемент в отличие от других совершенно не усваивается живым организмом и легко выделяется из него.

Так молодой элемент, недавно отпраздновавший свое тридцатилетие, уверенно завоевывает авторитет и в науке, и в технике.

„Синтетические" металлы

В свое время уран доставил Менделееву немало хлопот. Во-первых, был неправильно определен его атомный вес. А потому, помещенный согласно величине атомного веса в третью группу периодической таблицы элементов, он выглядел сначала чужаком и нарушал всю логическую и стройную закономерность изменения свойств элементов. Однако Менделеев и на этот раз, взяв на себя смелость, поместил уран в шестую группу таблицы как аналог хрома, молибдена и вольфрама.

Он не ошибся. Вскоре была экспериментально подтверждена справедливость такого «покушения» на уран, после чего он на законном основании занял свое 92-е место — и последнее.

А что же дальше?

Существуют ли элементы с более высоким атомным

весом? Менделеев на этот вопрос отвечал положительно. Уже в одном из первых вариантов своей периодической таблицы он поставил после урана пять прочерков. Видимо, они должны были соответствовать по меньшей мере пяти последующим элементам.

Однако погоня за трансуранами была безуспешной. Выделенный из урановой смоляной руды «богемий» и найденный в колумбите «секваний» оказались всего лишь ложными открытиями. Видимо, их нет в земной коре, или количество этих элементов настолько ничтожно, что существующие методы исследования бессильны их обнаружить.

Неудача не обескуражила ученых. Тем более, что датский физик Нильс Бор еще в 1923 году высказал мысль о том, что элементы, начиная с 89-го — актиния,— имеют такую же структуру, как лантоноиды из предыдущего периода, т. е. начиная с тория, каждый последующий элемент достраивает свой глубинный электронный слой. И так вплоть до 103-го. Подобно редкоземельным элементам, группа актиноидов, или актинидов, должна состоять из 15 элементов — химических близнецов. Вот это и определило впоследствии их местоположение в таблице Менделеева. Им, как и лантоноидам, отвели всего-навсего одну клеточку — там, где расположен 89-й элемент актиний.

Блестящая мысль, но для окончательного решения проблемы не хватало всего лишь... одиннадцати элементов! Если нет трансуранов в природе, нельзя ли их получить искусственно?

В то время во многих лабораториях широко проводились исследования, в которых «обстреливали» всевозможные элементы мощным потоком нейтронов. В результате такой «бомбардировки» ядер урана американские ученые Э. Макмиллан и Ф. Абельсон обнаружили в сво-

ей мишени новый элемент с массовым числом 239. Это оказался следующий за ураном 93-й элемент. Он был назван нептунием в честь восьмой по счету планеты нашей солнечной системы — Нептуна, ближайшей соседки Урана.

Через год после опубликования этого замечательного открытия группа американских ученых во главе с лауреатом Нобелевской премии Гленном Сиборгом с помощью «снарядов» — нейтронов и урановой мишени получила очередной, 94-й элемент. Имя ему было давно подготовлено: планета Плутон обрела наконец своего земного собрата. Так в 1941 году плутоний-242 прочно занял свое место в ряду элементов.

А начиная с 1944 года, Сиборг получил восемь трансурановых элементов! Правда, для этого понадобились более «тяжелые» снаряды, не нейтроны, а альфа-частицы, и даже «сверхтяжелые» — ядра атомов углерода, азота, кислорода. В качестве мишени пришлось использовать плутониевые и нептуниевые пластины. В результате в таблицу вписаны: 95-й америций, 96-й кюрий, 97-й берклий, 98-й калифорний, 99-й эйнштейний, 100-й фермий, 101-й менделевий, 102-й нобелий, 103-й лоуренсий. Названия элементов увековечили имена выдающихся ученых человечества. Однако собрать новые элементы в больших количествах никак не удавалось. Элемент фермий, например, был открыт при наличии всего лишь 200 его атомов, а количество 101-го элемента менделевия ограничилось 17 атомами. Всего 17 атомов! Такое ничтожное количество даже представить невозможно. Судите сами, ведь если атомы железа, содержащиеся в крохотной булавочной головке, равномерно разбросать по всей поверхности земного шара, и то на каждом квадратном метре окажется более двадцати тысяч атомов.

Но ученые сумели зарегистрировать каждый атом

полученного элемента. Помогли этому сами же трансураны. Все они удивительно неустойчивы, распадаются тотчас же после образования. И если период полураспада берклия сравнительно большой — 7 тысяч лет, а эйнштейния — 2 года, то менделевий живет всего лишь около получаса, а время жизни 102 и 103-го элементов измеряется секундами. Не удивительно, что их невозможно было обнаружить в природе, они давным-давно «испарились», так как возраст нашей планеты насчитывает около пяти миллиардов лет.

В процессе распада каждый атом трансуранового элемента выбрасывает несколько заряженных частиц, способных создавать электрический импульс. Он-то и фиксируется во время эксперимента в специальном счетчике.

К такому счетчику, находившемуся в зале химической лаборатории Гленна Сиборга, где обстреливали альфа-частицами изотоп эйнштейния-253, был подключен оглушительный пожарный звонок. Образование атома 101-го элемента и его распад с выбросом альфа-частицы «сопровождался громким трезвоном, вызывавшим в свою очередь не менее громкие и радостные возгласы присутствующих». Этой игре был положен конец: в лабораторию ворвалась команда пожарников.

Внимание, 104-й!

Дубна — 1964 год. Объединенный Институт ядерных исследований переживал волнующее событие. Здесь только что получен еще один трансурановый элемент. Закончена сложнейшая работа большой интернациональной группы ученых под руководством члена-корреспондента АН СССР Г. Н. Флерова. Успешно разрешена не

только проблема синтеза 104-го элемента, но и блестяще проведена его химическая идентификация.

Для синтеза первого изотопа 104-го элемента была выбрана реакция между ядрами плутония и ускоренными на циклотроне ионами неона. Ученые не очень-то тешили себя надеждами на удачу, так как вероятность полного слияния ядер плутония и неона с образованием изотопа 104-го элемента была ничтожна: из миллиарда ядер лишь одному суждено осуществить такое превращение. Ведь даже если допустить, что слияние ядер произошло, то образовавшееся ядро будет очень сильно возбуждено. Стремясь освободиться от избытка энергии, оно тотчас же распадется, выбросив альфа-частицы, нейтроны, протоны.

Ядра же 104-го элемента получаются в одном-единственном случае, когда образующееся после слияния ядро выбросит четыре нейтрона. И все же только этот изотоп с массовым числом 260 должен был «проявить» себя в бесчисленном хаосе частиц, ядер, осколков.

Итак, теоретически возможность образования 104-го элемента не вызывала особых сомнений. Но как обнаружить образующиеся единицы атомов? Как убедиться, что образуется действительно 104-й, а не какой-нибудь другой элемент?

Как ни странно, но довольно чувствительным детектором в этом случае оказались самые простые материалы: стекло и слюда. Дело в том, что образовавшийся атом 104-го элемента также неустойчив и распадается на два примерно одинаковых осколка, которые, врезаясь в стекло, оставляют на своем пути узкие каналы. И если эти каналы растравить кислотой, под микроскопом станут хорошо заметными «кратеры» диаметром 5—10 микрон. Настоящие отпечатки «пальцев» самого тяжелого элемента.

В заключительном эксперименте, проведенном летом 1964 года, было зарегистрировано около 150 ядер нового элемента. Для этого потребовалось более 1000 часов непрерывной работы установки. В результате доказана спонтанность (самопроизвольность) деления ядер нового элемента и определен период его полураспада, равный примерно 0,3 секунды.

Чем привлекателен 104-й элемент? Ведь в тот момент, когда началась эта работа, элемент № 103 — лоуренсий — не был еще синтезирован. И все же предпочтение было отдано именно 104-му элементу. Дело в том, что от этого элемента ждали химических свойств, резко отличных от соседних элементов. Если считать справедливым предложение об аналогии в строении лантоноидов и актиноидов, что подтверждается близостью их химических свойств, новый элемент должен быть химическим аналогом гафния. И место ему не в третьей, как другим трансуранам, а в четвертой группе периодической таблицы. Таким образом, химическая идентификация 104-го элемента была необходима не только для того, чтобы подтвердить его индивидуальность, но и для экспериментальной проверки гипотезы Г. Сиборга о месте и строении целой группы трансурановых элементов.

Этим занялся молодой чехословацкий химик, выпускник Московского университета Иво Зваре. Позже к работе подключились два советских химика Л. Тарасов и Ю. Чубуков и чех М. Крживанек.

При решении поставленной задачи интернациональная бригада молодых ученых столкнулась с проблемой скорости. На химические манипуляции со 104-м элементом отводились лишь доли секунды. А этого очень мало, если учесть, что почти все известные радиохимические методы разделения изотопов основаны на приготовлении растворов, их перемешивании и осаждении из них твер-

дых продуктов. Значит, нужен принципиально новый подход к решению задачи.

Так возникла идея использования газообразных веществ. Они быстро смешиваются, легко и быстро транспортируются по трубам, реакции в газах, как правило, идут с большими скоростями. Известно, что гафний образует летучее соединение с хлором. Стало быть, такими же свойствами должен обладать и его предполагаемый химический аналог эка-гафний, жилец 104-й клетки периодической таблицы.

Остается создать условия, при которых атомы 104-го элемента взаимодействовали бы с газообразным свободным хлором и давали молекулы летучего тетрахлорида.

Начались испытания нового метода «газовой химии». Иво Звара и его товарищи сконструировали специальный прибор — газовый пробник. В нем создавался равномерный поток хлора с заданной скоростью, который подхватывал образовавшиеся в газовом тракте хлориды тяжелых изотопов — продуктов облучения плутония ионами неона в камере мощного циклотрона и протаскивал их через специальный фильтр и дальше мимо детекторов, установленных в конце тракта. При этом газообразные хлориды циркония, гафния, ниобия, ванадия свободно проходили через фильтр, достигая детектора. Нелетучие же хлориды образующихся попутно изотопов натрия, скандия, лантаноидов и актиноидов осаждались на стенках газового тракта или в специальном фильтре-ловушке.

Было известно, что атомы 104-го элемента образуются нечасто. Поэтому опыты продолжались долго и непрерывно — кто знает, в какой момент появятся эти атомы? Одна серия опытов сменялась другой, пока наконец не были подобраны условия хлорирования, при которых детекторы зарегистрировали 8 атомов 104-го трансурана. Экспериментаторы рассчитывали на 6—10. Теперь

можно было подытожить результат четырехлетнего труда группы молодых ученых.

Итак, химическим методом было подтверждено открытие физиками Объединенного института ядерных исследований нового сверхтяжелого элемента № 104. Его изотоп с массовым числом 260 подвержен спонтанному делению.

Период полураспада — примерно 0,3 секунды.

104-й элемент — химический аналог гафния. Это первый искусственный элемент, не входящий в семейство актиноидов. Существование второй пятнадцатичленной когорты элементов-актиноидов подтверждено экспериментально.

Единогласным решением Международного ученого совета Объединенного института ядерных исследований предложено назвать созданный 104-й элемент курчатовием — в честь выдающегося советского ученого-физика Игоря Васильевича Курчатова.

Есть ли предел элементам?

Этот вопрос до сих пор очень волнует физиков. И само собой разумеется, что абсолютно точного ответа на него высказать сейчас невозможно. Слишком приблизительны наши познания о силах, действующих в ядре атома. Между тем, они-то и «управляют» всеми ядерными процессами, диктуют условия образования новых элементов, их устойчивость к спонтанному делению.

Однако достаточно рассмотреть весь ряд искусственно полученных элементов, чтобы убедиться, насколько быстро сокращается время жизни элементов с увеличением их массовых чисел. Уже 104-й элемент имеет пери-

од полураспада около 0,3 секунды, а 110-й или 115-й будут жить всего лишь 10^{-15} секунды. И если считать, что время применяемых сейчас в синтезе ядерных реакций порядка 10^{-20} секунды, то, по-видимому, элементом 117-м или 118-м будет достигнута абсолютная граница стабильности ядер. Атомов с большим номером ожидать бессмысленно потому, что они, едва возникнув, будут бесследно исчезать в результате спонтанного деления. Конечно, такая оценка весьма ориентировочна: в ней не учитывается возможность образования более стабильных изотопов.

Можно бы рассмотреть этот вопрос и с других позиций. Известно, что с увеличением порядкового номера элемента его электронные оболочки претерпевают не только количественные изменения, они прежде всего сжимаются. Значит, возможен такой момент, когда радиус ближайшей к ядру оболочки станет настолько малым, что электроны с нее мгновенно поглотятся ядром. Произойдет это, по расчетам Бора и Зоммерфельда, только у 137-го элемента. Как видно, при таком подходе «возможности» для синтеза элементов значительно расширяются.

Однако спустимся на землю. Во всех наших рассуждениях мы не учитывали одного — слишком малую вероятность самой ядерной реакции при образовании нового элемента. Она зависит прежде всего от метода синтеза и уровня техники, используемой в эксперименте. И если 102-й элемент получен в нейтронных потоках, 104-й в ядерных реакциях с тяжелыми ионами, то, используя сочетание этих двух методов при условии создания более плотных потоков «снарядов», может быть, удастся получить в ближайшее время 106-й элемент (аналог вольфрама) и даже 108-й (аналог радона). Синтез 110-го и 115-го элементов тоже станет разрешимой пробле-

мой, если мы научимся использовать в качестве бомбардирующих частиц гигантские ионы, скажем, ионы урана.

Одно плохо: слишком мало живут эти элементы. В технике поэтому они пока не применимы. Ведь от синтеза до их использования пройдут многие часы, когда от них не останется и следа.

Но означает ли это, что элементы с большими зарядами навсегда останутся «бесполезными» для нас? Сейчас трудно сказать по этому поводу что-либо определенное. Необходимо прежде всего разобраться в характере внутриядерных сил. После этого на очереди проблема управления ядерными силами. И если бы человек научился управлять радиоактивным распадом, то, «замораживая» периоды полураспада короткоживущих изотопов тяжелых элементов, можно было бы синтезировать их в весовых количествах, пригодных для практического использования. Кто знает, на сколько номеров расширилась бы тогда наша таблица элементов.

Что это? Фантазия? Но ведь еще в середине 30-х годов всемирные авторитеты — Эйнштейн и Резерфорд — категорически отрицали возможность использования энергии ядра.

Сейчас любая, самая, казалось бы, фантастическая мысль трудом ученых превращается в реальность. Дерзновенное проникновение в тайны природы — вот характерная черта сегодняшней науки. В ее любознательности, в ее непрерывном движении вперед — залог успехов, достижений, открытий самых фантастических, самых необычайных.

●

К читателю

Экскурсия, которую мы с вами совершили в Страну Элементов, конечно, не могла познакомить со всем многообразием возможностей, открывшихся перед наукой и техникой с приходом на службу так называемых редких металлов. Даже простое их перечисление было бы слишком утомительным. Поэтому-то мы ограничились лишь некоторыми, на наш взгляд, наиболее «загадочными» элементами, кратким описанием истории их открытия и, главное, рассказом о их великолепных свойствах, которые делают эти элементы незаменимыми в технике.

Мы смогли убедиться в том, как порой резко менялось отношение к металлам после раскрытия очередной загадки в их свойствах и как из ненужных или бесполезных они превращались в самые ценные материалы новейшей техники.

Мы почти не останавливались на свойствах соединений редких металлов с другими элементами. А можно с уверенностью сказать, что в этих-то соединениях и таятся многие пока не разгаданные, но очень полезные качества. Словом, есть где разгуляться и творчеству, и фантазии. Есть где приложить свое умение и настойчивость. Вот почему созидательный поиск в любой отрасли науки, а в химии редких элементов особенно, влечет молодого исследователя.

Что ж, товарищ, твори, доказывай, дерзай. На этом пути тебя еще ждут открытия.

Знаешь ли ты, что...

●

...самый редкий из существующих в природе металлов — астатин (85-й элемент таблицы Менделеева). По расчетам в слое земной коры толщиной 16 километров содержится всего 0,3 грамма этого металла.

●

...атомный вес не всегда определяет плотность металла. Поиски самого тяжелого элемента в конце периодической системы обречены на неудачу. Рекорд в этом виде многоборья принадлежит 76-му элементу — тяжеловесу осьмию. Его удельный вес 22,6, т. е. он в два раза тяжелее свинца и в три раза тяжелее железа.

●

...Юпитер испускает в два с половиной раза больше лучистой энергии, чем получает ее от Солнца. Обнаружить это удалось благодаря изобретенному американским астрофизиком Фрэнком Лоу сверхточному германиевому балометру. Усовершенствованная модель этого прибора в сочетании с мощным телескопом позволила точно и надежно измерить температуру поверхности Юпитера. Она оказалась равной 173 градусам Кельвина, т. е. гораздо выше, чем была бы, получай планета свое тепло только от Солнца.

●

...многие соединения лантоноидов с успехом применяются в квантовых генераторах и молекулярных усилителях. Кристаллы этилсульфата лантана и гадолиния с примесью церия гораздо эффективнее рубиновых. Они способны создавать пучок луча толщиной 0,01—0,02 см с мощностью более 100 000 квт на см^2.

●

...почти все элементы конца таблицы Менделеева по своему содержанию в земной коре даже не редкие, а редчайшие. Из них полония наберется не более 10 000 тонн, актиния — около 3000 тонн, а радона — всего лишь 260 тонн.

●

...самая «высокая» критическая температура, при которой наступает сверхпроводимость у сплава ниобия с оловом, 18° выше абсолютного нуля. Магнит диаметром 16 сантиметров и высотой 11 сантиметров, имеющий в качестве обмотки ленту из этого чуда-сплава, способен создавать поле в 100 тысяч гаусс.

●

...большая теплопроводность (в 7 раз выше, чем у стали), высокая теплоемкость и жаропрочность позволяют использовать бериллий и его соединения в теплозащитных конструкциях космических кораблей. Из бериллия поэтому была сделана внешняя тепловая защита капсулы космического корабля «Фрейндшип-7», на котором американский космонавт Джон Гленн совершил свой первый орбитальный полет.

СОВЕТУЕМ ПРОЧИТАТЬ О РЕДКИХ МЕТАЛЛАХ

Л. Власов, Д. Трифонов. Занимательно о химии. Изд. ЦК ВЛКСМ, «Молодая гвардия», 1965.

А. М. Голуб. Металлы атомного века. Изд. «Знание», М., 1964.

Г. Г. Диогенов. История открытия химических элементов. Гос. уч-пед. издат., М., 1960.

Б. Я. Розен. Редкие элементы и их применение. Изд. «Знание», М., 1964.

П. П. Смолин. Металлы XX века. Изд. «Знание», М., 1963.

П. Р. Таубе, Е. И. Руденко. От водорода до нобелия. Гос. издат. Высшая школа, М., 1961.

Д. Н. Трифонов. Редкоземельные элементы. Изд. АН СССР, 1960.

Д. Н. Трифонов. Элементы с необычной судьбой. Госатомиздат, 1961.

Д. Н. Трифонов. Радиоактивность вчера, сегодня, завтра. Атомиздат, 1966.

В. А. Флоров, Р. В. Юдкевич. Металлы будущего. Изд. «Советская Россия», М., 1960.

А. Е. Ферсман. Занимательная геохимия. Изд. АН СССР, М., 1959.

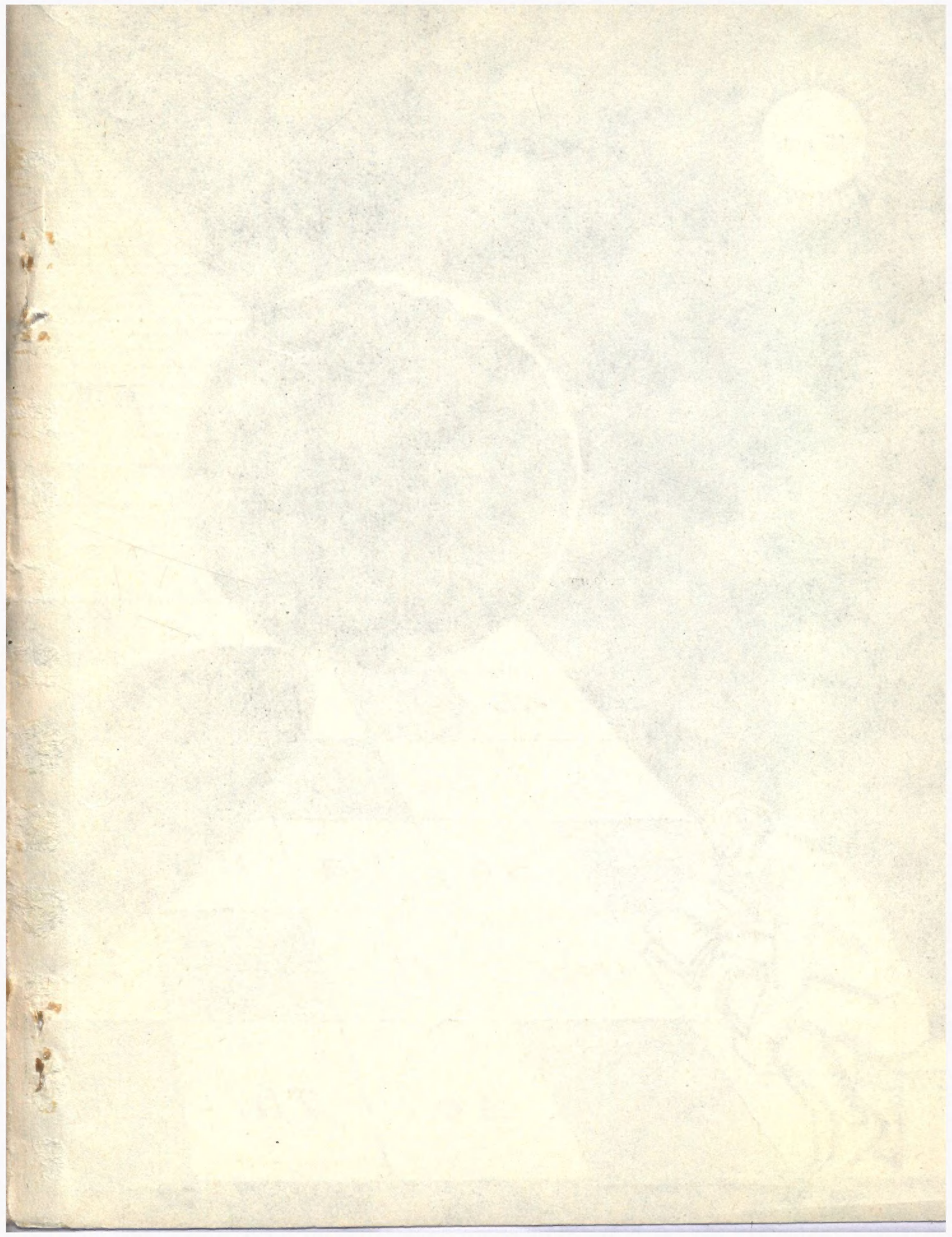
СОДЕРЖАНИЕ

Бамбуров Виталий Григорьевич

Загадки редких металлов

Художник А. Лебедев
Редактор А. Агатицкая
Художественный редактор Г. Кетов
Технический редактор Л. Голобокова
Корректор М. Свалухина

Сдано в набор 29/XI 1967 г. Подписано в печать 1/III 1968 г. Бумага типографская № 1. Формат 70×108/32 Уч.-изд. л. 5,2. Усл. печ. л. 5,6 НС 15087. Тираж 10 000. Заказ 652 Цена 18 коп. Средне-Уральское книжное издательство, Свердловск, Малышева, 24. Типография издательства «Уральский рабочий», Свердловск, проспект Ленина, 49.



18 коп.

Ge
Rb Sz
Ag Cd In
Cs Ba La
Hg Tl Pb
Ra Ac Th Pa